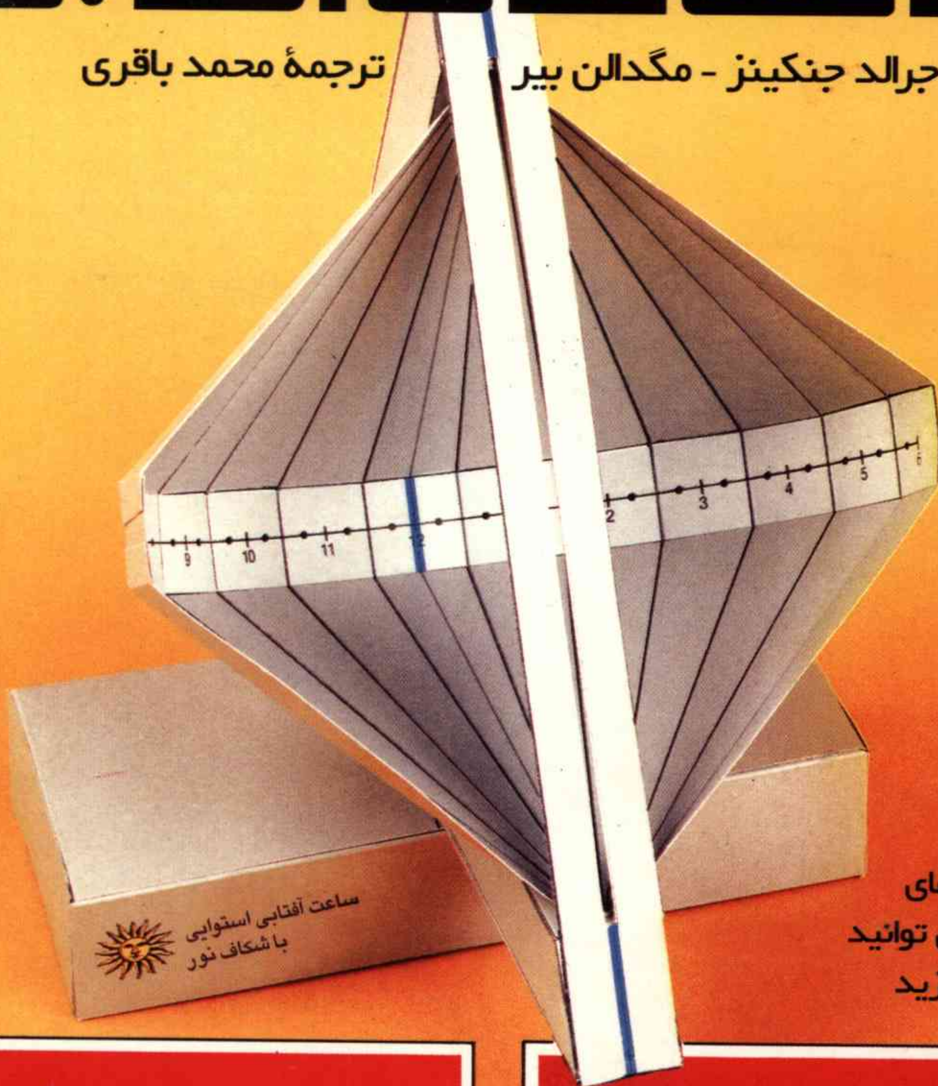
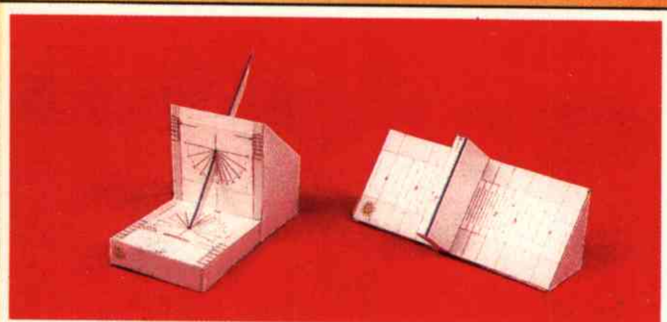
شناخت و ساخت
ساعت‌های آفتابی

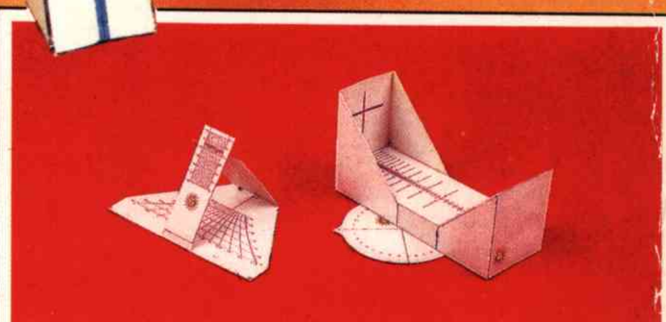
جرالد جنکینز - مگدالن بیر
ترجمهٔ محمد باقری



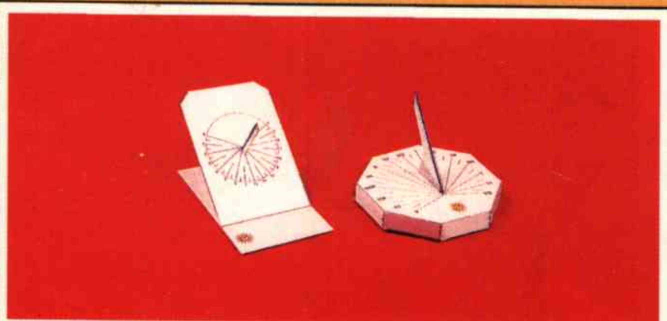
مجموعه ای از کیت های
ساعت آفتابی که می توانید
خودتان ببُرید و بسازید



ساعت آفتابی سه تایی — ساعت آفتابی قطبی



قطب نمای خورشیدی — مسیر نمای خورشید



ساعت آفتابی استوایی دورویه — ساعت آفتابی افقی معمولی



استوانهٔ زمان — ساعت ستاره ای



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

جرالد جنکینز ـ مگدالن بیر

ترجمهٔ محمد باقری

ایام عزیز عمر دریاب!

تعیین زمان به روشی طبیعی جذابیت خاصی دارد و این مجموعه که شامل کیت‌های ۹ مدل مختلف است، شما را با روشهای گوناگون زمان‌سنجی آشنا می‌کند. بهترین راه شناخت ساعت‌های آفتابی، ساخت مدل‌هایی است که واقعاً بتوان با آن‌ها زمان را سنجید.

توصیه‌هایی برای ساخت مدل‌ها

نوع چسب

برای آن‌که مدل‌های خوبی بسازید بهتر است از چسبی استفاده کنید که سریع ولی نه فوری خشک شود. استفاده از چسب‌های مایع از نوع «اوهو» و همچنین چسب‌های معروف به «ماتیکی» توصیه می‌شود.

تازدن

برای ساختن مدل‌های دقیق، دقت در تازدن بسیار مهم است. با این کار کاغذ در دوسوی خط مورد نظر، دقیق و تمیز تا می‌خورد. برای این کار، با خودکاری که جوهرش تمام شده است به کمک خط‌کش ردی روی خط مورد نظر بیندازید. از کارد هم می‌توانید استفاده کنید ولی مراقب باشید کاغذ را نبرید.

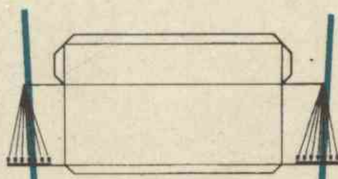
ترتیب ساخت مدل‌ها

۱ همهٔ تکه‌های هر مدل را با فاصلهٔ مناسبی از محدودهٔ خارجی آن‌ها ببرید.
۲ روی همهٔ خط‌های تا، از جمله خط‌های تنظیم عرض جغرافیایی، رد بیندازید.
۳ خط‌های برش مربوط به تنظیم عرض جغرافیایی محل را پررنگ‌تر کنید.
۴ تکه‌های مدل را به‌دقت از روی محدودهٔ خارجی آن‌ها ببرید و شکاف‌ها را دربیاورید.
۵ تکه‌ها را با دقت در امتداد خط‌های تا خم کنید.
۶ اجزای مدل را مرحله به مرحله و با استفاده از لبه‌های A ، B ، C ، و غیره به هم بچسبانید. به ترتیب حروف الفبا پیش بروید.
۷ لبه‌هایی که حروف الفبای یکسان دارند باید همزمان چسبانده شوند.

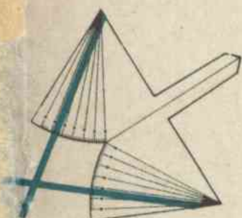
تنظیم عرض جغرافیایی

برای آن‌که ساعت آفتابی درست کار کند، باید مطابق عرض جغرافیایی محل تنظیم شده باشد. در این مدل‌ها تنظیم از طریق تا زدن یا برش در امتداد خطوط راهنما در برخی تکه‌ها انجام می‌شود. به شکل‌های رسم شده برای هر مدل توجه کنید.

همهٔ این مدل‌ها را می‌توان برای هر عرض جغرافیایی بین °۲۵ شمالی تا °۴۰ شمالی تنظیم کرد. عرض جغرافیایی مراکز استانهای ایران در صفحهٔ ۸ داده شده است.



در این تکه روی خط‌های عرض جغرافیایی برش می‌دهید.



در این تکه روی خط‌های عرض جغرافیایی رد می‌اندازید و تا می‌کنید.

کتابچهٔ ساعت‌های آفتابی



لبه‌های اضافی را ببرید و کتابچهٔ ساعت آفتابی را که حاوی مطالب و اطلاعات دراین باره است، بسازید. در این‌جا توضیح داده شده است که چگونه چرخش زمین و گردش آن در مدارش به دور خورشید با طرز کار ساعت آفتابی و در واقع با روش‌های سنجش زمان مرتبط است.



مراقب تابش آفتاب باشید!

یادتان باشد که این مدل‌ها از مقوا ساخته می‌شود و در اثر باران یا تابش طولانی آفتاب خراب می‌شوند. هر بار پس از استفاده، آن‌ها را در جای مناسبی بگذارید.

شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی
نویسنده: جرالد جنکینز و مگدالن بیر
مترجم: محمد باقری
چاپ نخست: بهار ۱۳۸۵؛ شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه
حروفچینی و آماده سازی: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی
لیتوگرافی: موج؛ چاپ: شیرین؛ صحافی: مهرآئین

ادارهٔ مرکزی: خیابان افریقا، چهارراه حقانی (جهان کودک)، کوچهٔ کمان، پلاک ۴، کد پستی ۱۵۱۷۸؛ صندوق پستی ۹۶۴۷ - ۱۵۸۷۵؛ تلفن: ۷۱ - ۸۸۷۷۴۵۶۹؛ فاکس: ۸۸۷۷۴۵۷۲
مرکز پخش: شرکت بازرگانی کتاب گستر، خیابان افریقا، بین بلوار ناهید و گلشهر، کوچهٔ گلفام، پلاک ۱؛ کد پستی ۱۹۱۵۶۷۳۴۸۳؛ تلفن: ۴۲-۲۲۰۲۴۱۴۱؛ تلفکس: ۲۲۰۵۰۳۲۶
آدرس اینترنتی: www.ketabgostarco.com info@ketabgostarco.com
فروشگاه یک: خیابان انقلاب - روبروی در اصلی دانشگاه تهران؛ تلفن: ۶۶۴۰۰۷۸۶

جنکینز، جرالد — nkins, Gerald
شناخت و ساخت ساعت های آفتابی / جرالد جنکینز، مگدالن بیر؛ مترجمان محمد باقری، حدیث مجتهد کیاسرائی
-- تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۸۵.
۴۴ص. : مصور، جدول، نمودار. — ISBN 964-445-774-9
فهرستنویسی بر اساس اصلاعات فیپا.
عنوان اصلی: Sundials & timedials: a collection of working models to cut-out and glue together
۱. ساعت آفتابی. ۲. زمان سنجی. ۳. کاردستی با کاغذ. الف. بیر، مگدالن. Bear, Magdalen.
ب. باقری، محمد، ۱۳۲۹ - . مترجم.
ج. شرکت انتشارات علمی و فرهنگی. د. عنوان.
۹ ش ۹ ج / QB ۲۱۵ — ۶۸۱ / ۱۱۱۲
۱۳۸۵
کتابخانهٔ ملی ایران — ۱۱۰۱۴ - ۸۵ م

شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

این ساعت آفتابی هشت‌ضلعی یادآور بسیاری از ساعت‌های آفتابی معمولی موجود در مراکز فرهنگی یا دینی است. ساعت‌های آفتابی افقی در تمام طول سال کار می‌کنند و اگر مانعی در نزدیکی‌شان نباشد، هرچند ساعت که آفتاب بتابد زمان را نشان می‌دهند. شاخص به سوی قطب شمال آسمانی است و زاویه‌اش با صفحهٔ افقی، برابر با عرض جغرافیایی محل است و این زاویه هنگام ساخت مدل تنظیم شده است. ساعت فقط وقتی درست کار می‌کند که در این عرض جغرافیایی و درست روبه شمال قرار گیرد. زاویه‌های بین خطوط ساعت‌ها در ساعت آفتابی افقی یکسان نیستند و آن‌ها را برای هر عرض جغرافیایی باید با فرمولی که در کتابچه آمده است محاسبه کرد.

این ساعت آفتابی برای عرض جغرافیایی ....درجه ساخته شده است.

I H G F E D J

۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷

ایام عزیز عمر دریاب

ساعت آفتابی افقی

25 30 35 40

چسب بزنید C

چسب بزنید B

در خط مربوط به عرض جغرافیایی محل رد بیندازید و

2

ساعت آفتابی افقی
برای عرض جغرافیایی ۳۲ درجه
قابل استفاده در عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه

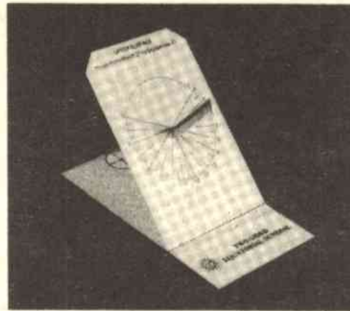
G G H H D D I B C I E E J J F F A A

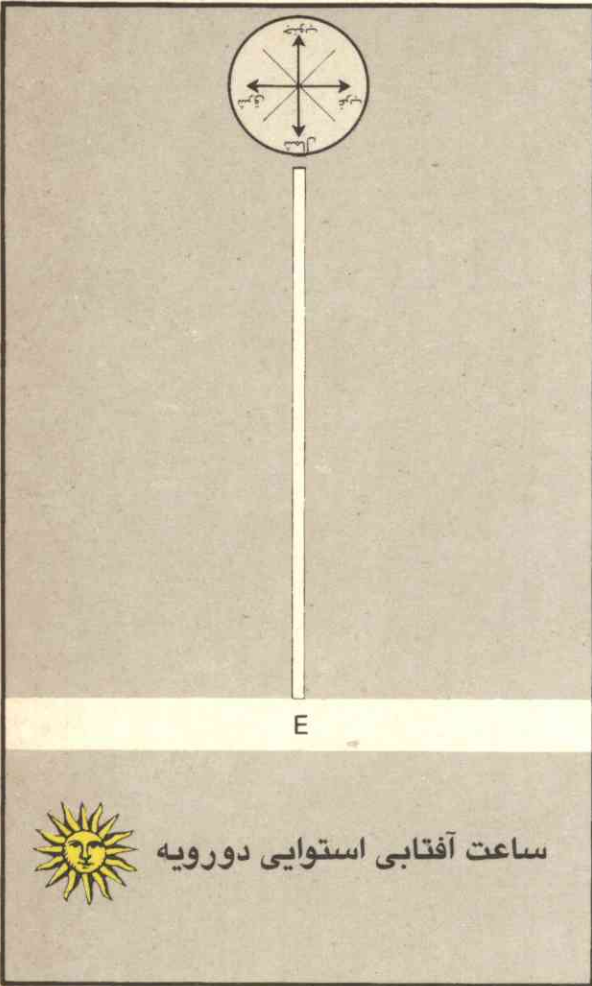
تا خط تای عرض جغرافیایی چسب بزنید

تا خط تای عرض جغرافیایی چسب بزنید

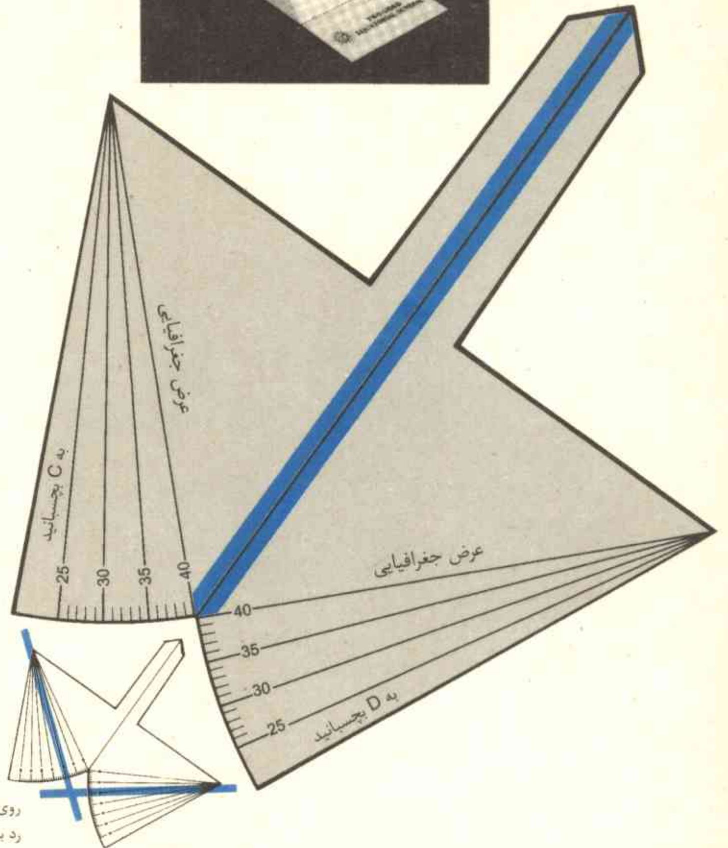


ساعت آفتابی استوایی دورویه

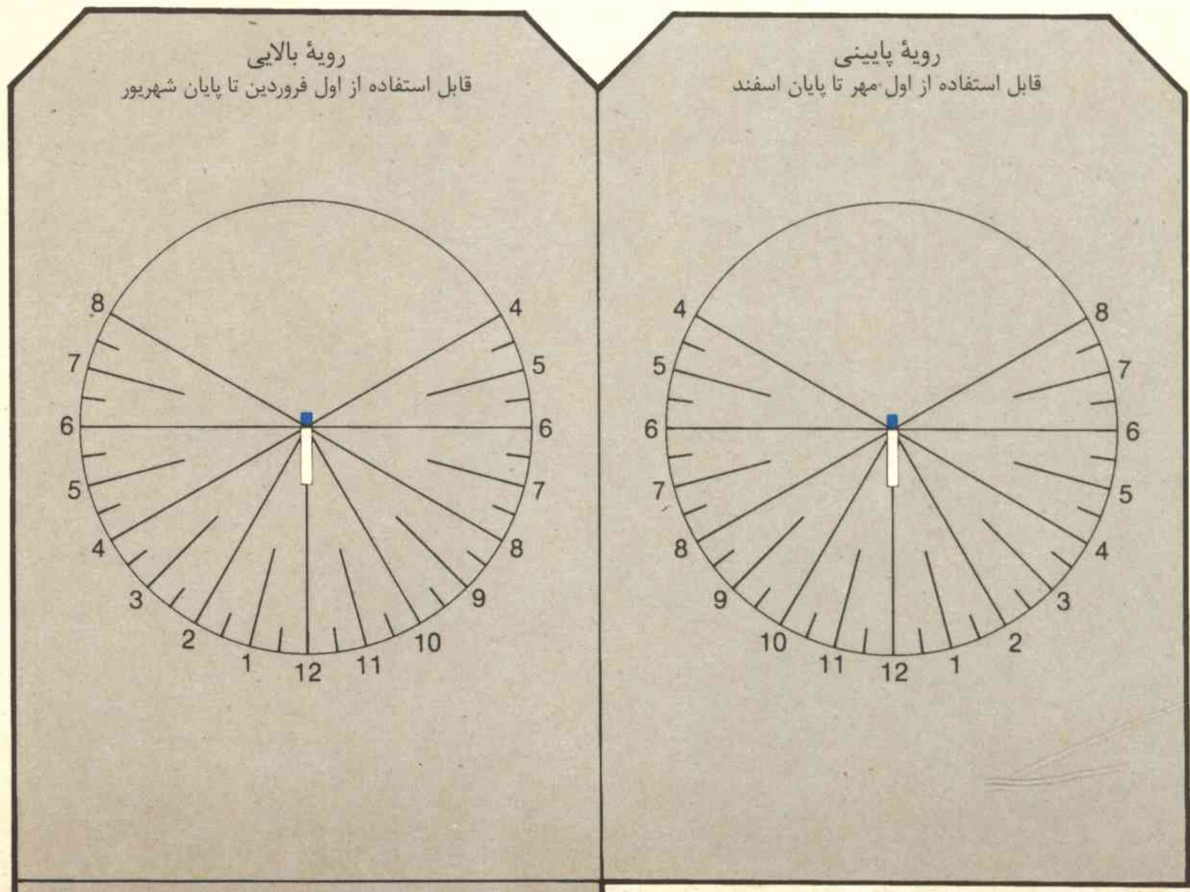








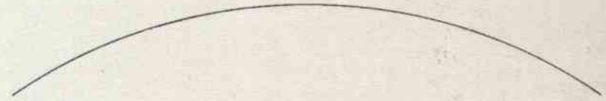
روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل
رد بیندازید و به سمت خود تا کنید



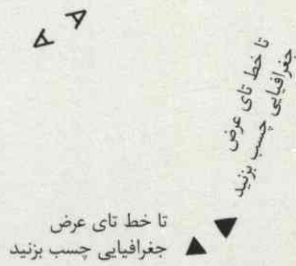


شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

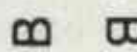


C D



در ساخت این ساعت آفتابی، شاخص چنان تنظیم شده است که زاویه‌اش با صفحهٔ افقی برابر با عرض جغرافیایی محل باشد. اگر شاخص در امتداد شمال ـ جنوب قرار گیرد زمان را می‌توان درست تعیین کرد زیرا در این حالت شاخص به‌سوی قطب شمال آسمانی است. رویه‌هایی که سایهٔ شاخص رویشان می‌افتد با صفحهٔ استوا موازی‌اند. وقتی خورشید در شمال استوا است، سایه بر رویهٔ بالایی می‌افتد. وقتی خورشید در جنوب استوا است، سایه بر رویهٔ پایینی می‌افتد.







O

25 30 35 40

L K

ساعت آفتابی استوایی

صفحهٔ مدرج استوایی را از صفحهٔ ۸ ببرید و این‌جا بچسبانید،
چنان‌که فلش مقابل عرض جغرافیایی محل قرار گیرد.

40 35 30 25

ساعت آفتابی عمودی

صفحهٔ مدرج عمودی را این‌جا بچسبانید، چنان‌که فلش مقابل عرض جغرافیایی محل قرار گیرد.

شمال

E E

ساعت آفتابی افقی

صفحهٔ مدرج افقی را این‌جا بچسبانید، چنان‌که فلش مقابل عرض جغرافیایی محل قرار گیرد.

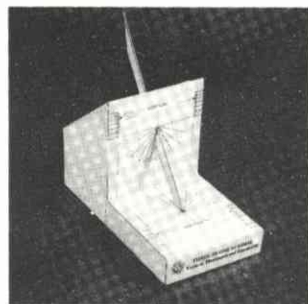
40 35 30 25

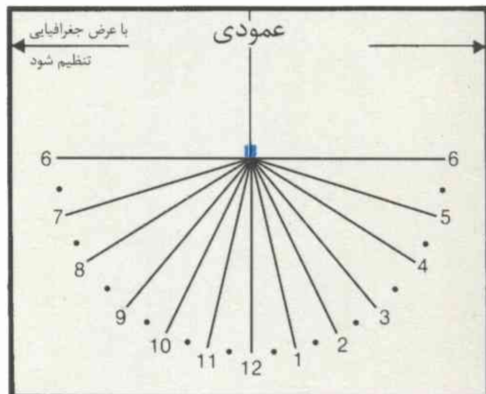
جنوب

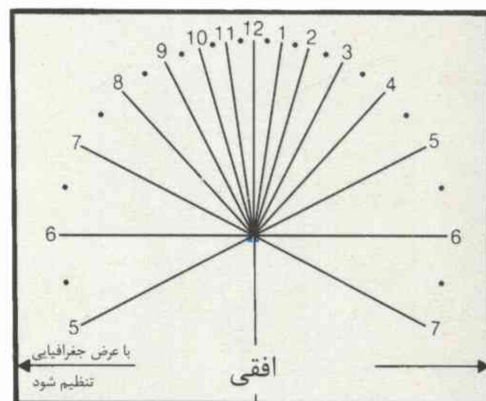
D D

ساعت آفتابی سه‌تایی
عمودی، افقی و استوایی

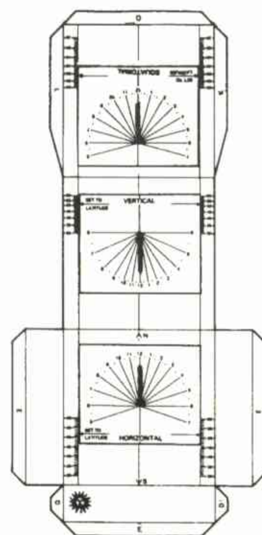
E







این ساعت‌های آفتابی برای عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه طراحی شده‌اند.



صفحات مدرج را در جای خود بچسبانید. سپس سه شکاف را برای شاخص دربیاورید.

ساعت آفتابی سه‌تایی
عمودی

B_1

قابل استفاده در عرض‌های جغرافیایی
۲۵ تا ۴۰ درجه

ساعت آفتابی سه‌تایی
افقی

J

G

C_1

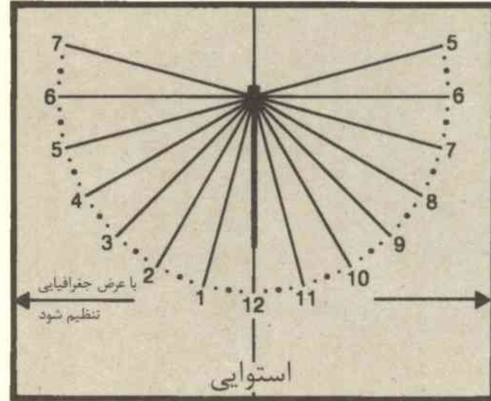
قابل استفاده در عرض‌های جغرافیایی
۲۵ تا ۴۰ درجه

H

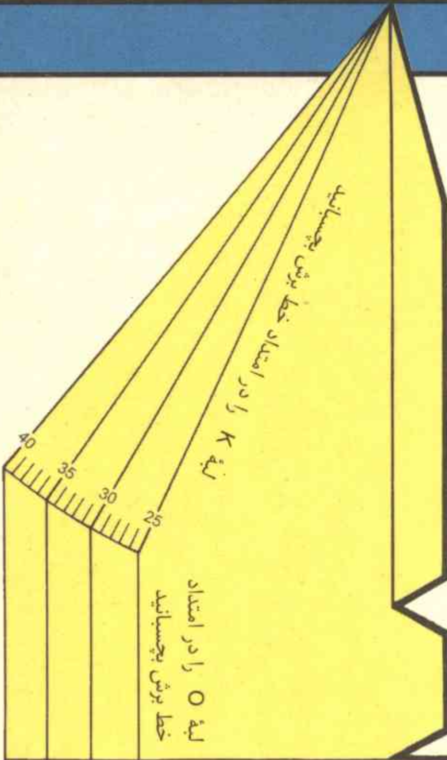
F

D

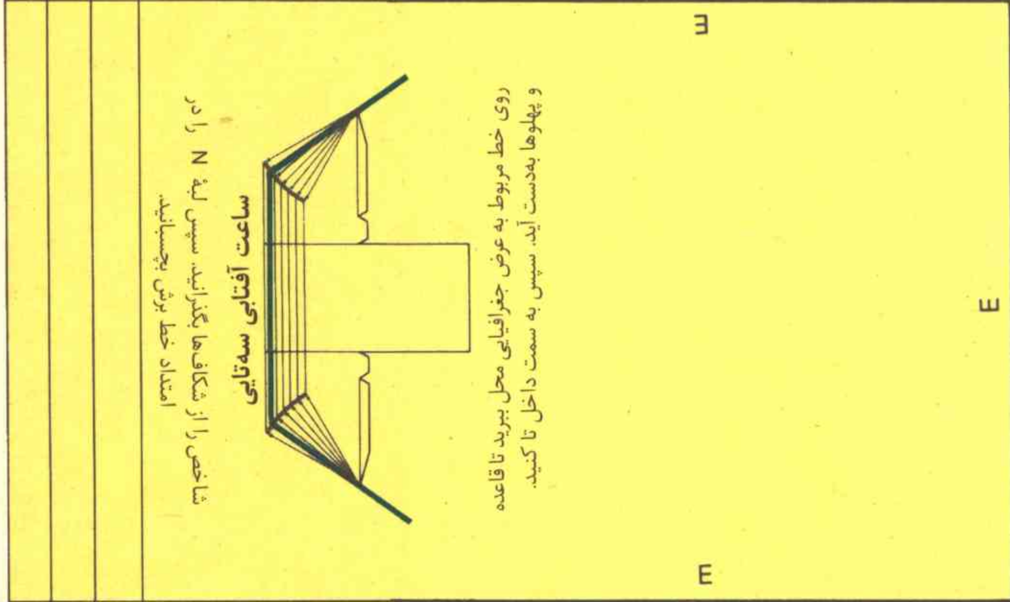
D



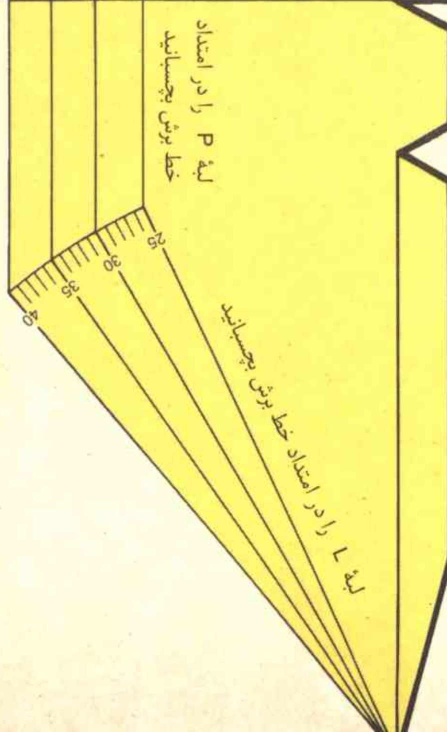
7
6
5
4
3
2
1
12
11
10
9
8
7
6
5
با عرض جغرافیایی
تنظیم شود
استوایی



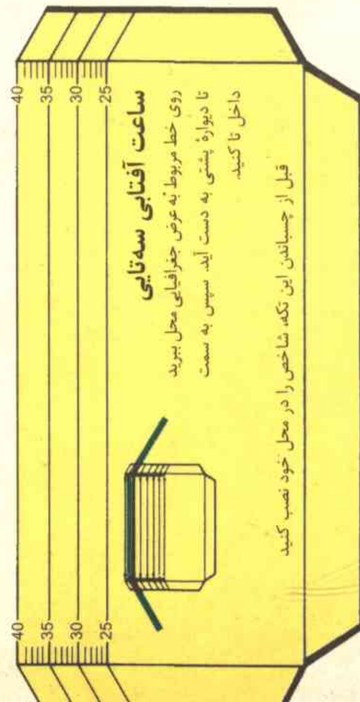
لبهٔ K را در امتداد خط برش بچسبانید
40
35
30
25



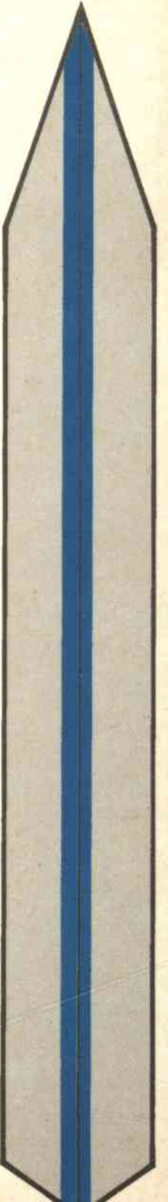
لبهٔ O را در امتداد
خط برش بچسبانید
E
روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل ببرید تا قاعده
و پهلوها به‌دست آید. سپس به سمت داخل تا کنید.
ساعت آفتابی سه‌تایی
شاخص را از شکاف‌ها بگذرانید. سپس لبهٔ N را در
امتداد خط برش بچسبانید.
E
E
لبهٔ P را در امتداد
خط برش بچسبانید



25
30
35
40
لبهٔ L را در امتداد خط برش بچسبانید



40
35
30
25
ساعت آفتابی سه‌تایی
روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل ببرید
تا دیوارهٔ پشتی به دست آید. سپس به سمت
داخل تا کنید.
قبل از چسباندن این تکه، شاخص را در محل خود نصب کنید
40
35
30
25



ساعت آفتابی سه‌تایی
استوایی

A

برای همهٔ عرض‌های جغرافیایی



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

این مدل ارتباط بین سه نوع ساعت آفتابی عمودی، افقی و استوایی را به‌خوبی نشان می‌دهد. توجه کنید شاخص چگونه از هر سه صفحه می‌گذرد. در هر سه نوع ساعت آفتابی شاخص موازی با محور زمین و به سوی قطب شمال آسمانی است.

زاویهٔ ارتفاع قطب شمال آسمانی نسبت به صفحهٔ افقی با عرض جغرافیایی محل برابر است؛ پس، شاخص باید برای این زاویه تنظیم شود با تنظیم محل فلش در هر صفحهٔ مدرج، شاخص در زاویهٔ درست برای عرض جغرافیایی محل قرار می‌گیرد. مدلی که ساخته شد تنها در این عرض جغرافیایی کار می‌کند به شرطی که بر صفحهٔ افقی، درست در راستای شمال جنوب قرار گیرد.

زاویهٔ بین خطوط ساعت‌ها در صفحهٔ مدرج استوایی دقیقاً ۱۵ درجه و برای همهٔ عرض‌های جغرافیایی یکسان است؛ اما زاویهٔ بین خطوط ساعت‌ها در صفحهٔ مدرج افقی و عمودی یکسان نیست و برای هر عرض جغرافیایی باید جداگانه محاسبه شود. در ساعت آفتابی با این مقیاس و جنس، کافی است درجه‌بندی‌ها برای عرض ۳۲ درجه محاسبه شود (که برای عرض‌های ۲۵ تا ۴۰ درجه قابل استفاده است).

ساعت آفتابی استوایی تنها رویهٔ بالایی‌اش مدرج است، بنابراین تنها در بهار و تابستان کار می‌کند. در پاییز و زمستان خورشید هیچ‌گاه به ارتفاعی نمی‌رسد که بتواند این رویه را روشن کند.

J

H

F

G

O

N

M

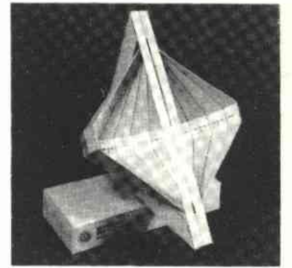
M

▲ ▼

▲ ▼



ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور



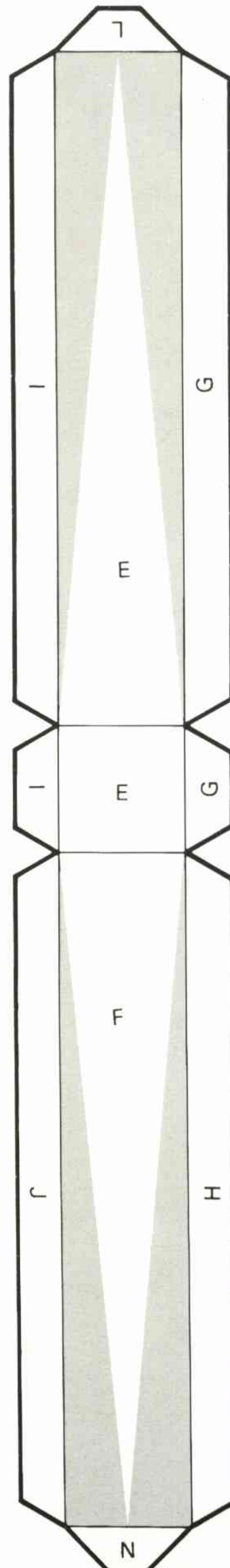
ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

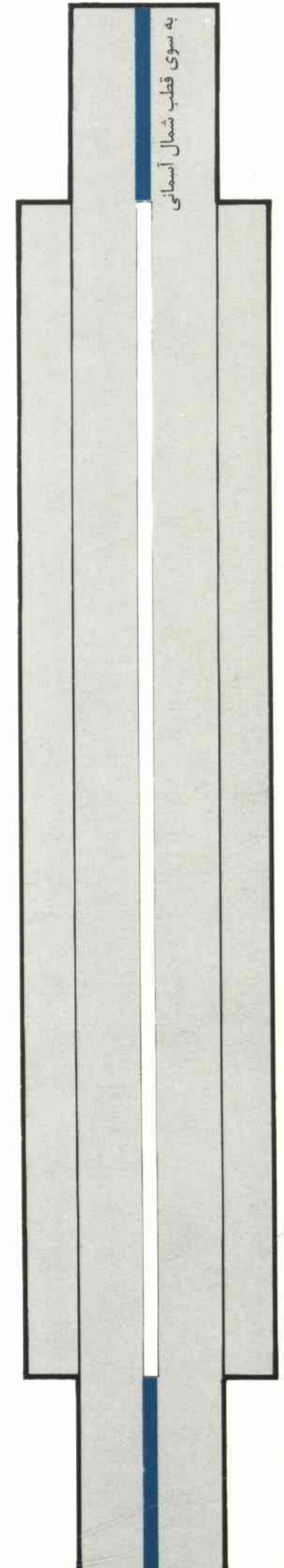
از روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل ببرید تا قاعده بدست آید؛ سپس به سمت داخل تا کنید.

U 25 30 35 40

V 25 30 35 40

لبهٔ V را در امتداد خط برش بچسبانید





مستطیل‌های جانبی را که برای استحکام شاخص است تا کنید و بچسبانید. سپس شکاف را برش دهید و درآورید.

S



ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

U V



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

این طرح بسیار جالبی است زیرا رابطهٔ بین محور چرخش زمین و صفحهٔ استوا در آن دیده می‌شود. شکاف مقوای شاخص موازی با محور زمین و در امتداد دو قطب آسمانی است چنان‌که امتداد بالایی آن از درون آسمان و امتداد پایینی آن از درون زمین می‌گذرد. نیازی به صفحات مدرج بالایی و پایینی برای مواقع مختلف سال نیست زیرا صفحهٔ متناظر با صفحهٔ ساعت آفتابی استوایی معمولی در این مدل حذف شده است. خطوط ساعت‌ها به فاصلهٔ مساوی پیرامون لبهٔ بیرونی «استوا» قرار گرفته‌اند. زاویهٔ قاعده چنان تنظیم شده است که شاخص، زاویه‌ای مساوی با عرض جغرافیایی با صفحهٔ افقی می‌سازد. پهنای باریکهٔ نور در طول روز تغییر می‌کند؛ هنگام ظهر به پهن‌ترین مقدار و اوایل صبح و اواخر عصر به باریک‌ترین مقدار می‌رسد. بهتر است برای تعیین زمان وسط باریکهٔ نور را که از «استوا» می‌گذرد تخمین بزنید.

ساخته شده برای
عرض جغرافیایی

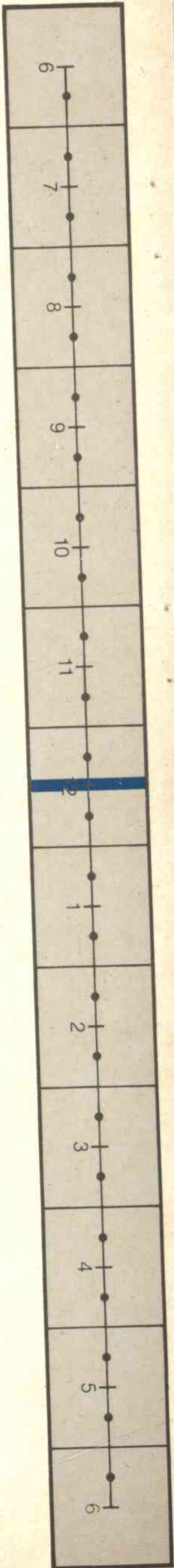
T

مستطیل جانبی برای استحکام شاخص

P Q

مستطیل جانبی برای استحکام شاخص




6
7
8
9
10
11
12
1
2
3
4
5
6

E

F

D D D D D D C D D D D D D

E

B B B B B B A B B B B B B



ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

برای تکمیل قاعده در امتداد خط مربوط به عرض جغرافیایی محل ببرید؛ سپس به سمت داخل تا کنید.

لبهٔ S را در امتداد خط برش بچسبانید

لبهٔ T را در امتداد خط برش بچسبانید

25 30 35 40

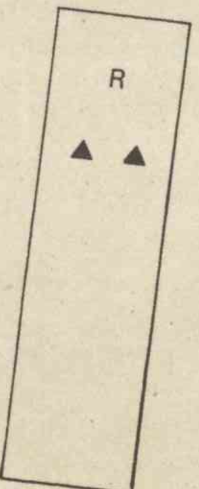
25 30 35 40

M O Q K L N N R O O P L

L L L I I

U V J

K G U V



G H N

O O O N N

M



راهنمای ساختن کتابچه:

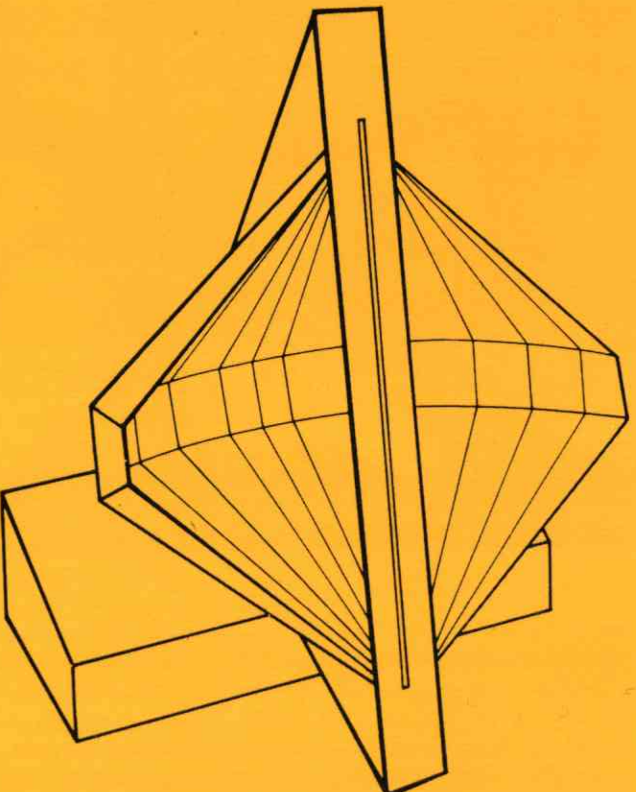
۱. برگ‌های بزرگ میانی را از کتاب اصلی جدا کنید.
۲. برگ‌های کتابچه را از محل تاخوردگی نصف کنید.
۳. هر برگهٔ جدید را چنان تا کنید که علامت ▬ روی لبهٔ بیرونی تا باشد.
۴. حاشیهٔ اضافی برگ‌ها را به‌دقت ببرید.
۵. چهار برگهٔ کوچک برش‌خورده و تا شده را داخل هم بگذارید تا کتابچه‌ای ۱۶ صفحه‌ای ساخته شود. دقت کنید که شمارهٔ صفحات به ترتیب باشد.
۶. با ماشین دوخت برگه‌ها را به هم متصل کنید.



شرکت انتشارات علمی و فرهنگی
تهران ۱۳۸۵

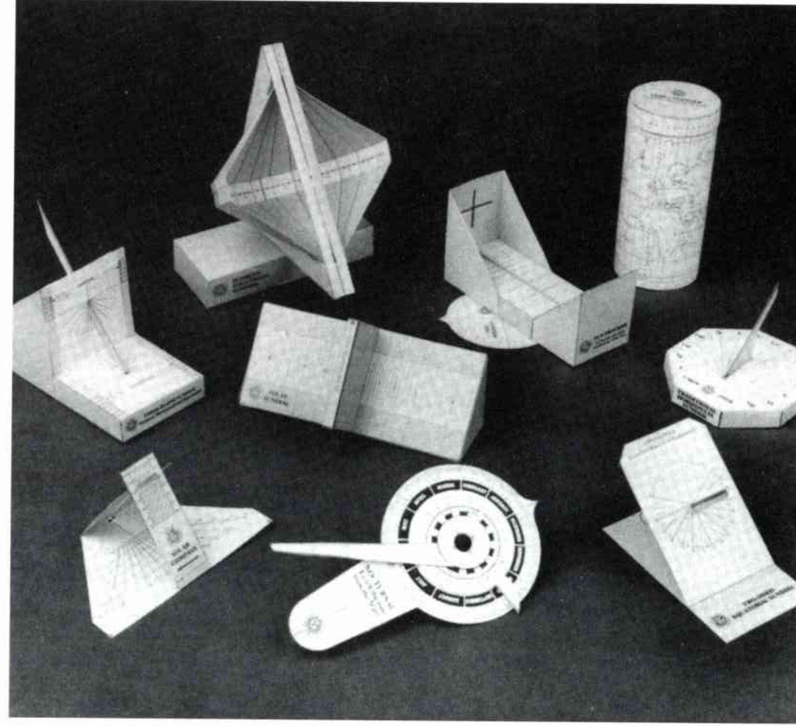
کتابچهٔ ساعت‌های آفتابی

اطلاعات کلی و نظری



جرالد جنکینز ـ مگدالن بیر
ترجمهٔ حدیث مجتهد

پیوست کتاب شناخت و ساخت ساعت های آفتابی



اصول حاکم بر همهٔ ساعت‌های آفتابی خیلی ساده‌تر از آن است که اغلب مردم تصور می‌کنند و هدف این کتابچه آن است که این اصول را توضیح دهد و برخی فرمول‌های مفید را عرضه کند. امیدواریم ترکیب مدل‌ها در این مجموعه و توضیح‌های این کتابچه شما را برانگیزاند تا چند ساعت آفتابی آزمایشی برای خودتان بسازید. هیچ لزومی ندارد که این ساعت‌های آفتابی پیچیده و دائمی باشند، بلکه می‌توانید نمونه‌های ساده و موقتی بسازید. آزمایش با طرح‌های ساده جالب است و بسیار خوشایند است که ببینیم ابزارهای ساده‌ای که ساخته‌ایم زمان را با دقت نشان می‌دهند. شاید این کار ما را به ساختن ساعت‌های آفتابی دیگر با مصالح دائمی‌تری بکشاند. استفاده از روشی طبیعی برای نشان دادن امری بنیادی مثل زمان، بسیار جذاب است. این پند را هم هرگز از یاد نبرید: «ایام عزیز عمر دریاب!»

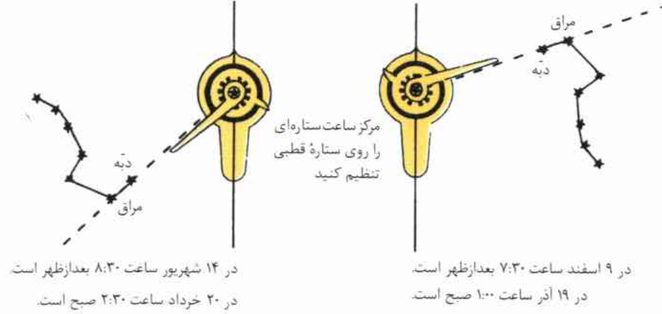
ساعت ستاره‌ای



این وسیله براساس استفاده از سه ستارهٔ درخشان نیمکرهٔ شمالی برای تعیین زمان در شب ساخته شده است. چون ستارهٔ قطبی ثابت به نظر می‌رسد و مثل مرکزی است که ستاره‌های دیگر به دور آن می‌چرخند، می‌توانیم از آن به عنوان مرکز ساعت آسمانی بزرگی استفاده کنیم.
خطی که از ستارهٔ قطبی به دو ستارهٔ کناری دب اکبر (α و β ی دب اکبر) که دبّه و مراق نام دارند وصل شود، برای این منظور قابل استفاده است. با اندازه‌گیری زاویه‌ای که این خط در آسمان می‌سازد می‌توان زمان را تعیین کرد.

اگر زمین تنها به دور خود می‌چرخید و به دور خورشید نمی‌چرخید، ستاره‌ها هر شب در زمان یکسان، وضعیت یکسانی در آسمان داشتند. اما در اثر حرکت زمین به دور خورشید، هر شب در مسیر اندکی متفاوتی به فضا نگاه می‌کنیم و ستاره‌ها هر شب ۳ دقیقه و ۵۵/۹ ثانیه زودتر به وضعیت شب قبل می‌رسند. به همین دلیل است که برای تعیین زمان، تاریخ را روی ساعت ستاره‌ای تنظیم می‌کنیم.

در این‌جا دو حالت برای تمرین دیده می‌شود.

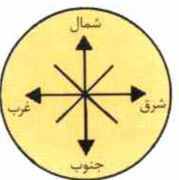


زمانی را که با ساعت ستاره‌ای به دست میآورید مثل زمان ظاهری محلی است که ساعت آفتابی در طول روز نشان می‌دهد. با استفاده از تصحیح‌های بیان‌شده در صفحات ۱۱ و ۱۲ می‌توانید آن را به زمان ساعت دیواری تبدیل کنید.

یافتن راستای شمال

ساعت آفتابی تنها وقتی درست کار می‌کند که شاخص آن به سوی قطب شمال آسمانی باشد. زاویهٔ لبهٔ شاخص با صفحهٔ افق برای عرض جغرافیایی محل نصب ساعت آفتابی، ضمن ساخت هر مدل تنظیم شده است. بنابراین، کافی است شاخص دقیقاً در راستای شمال قرار گیرد. در این‌جا سه روش برای تعیین دقیق راستای شمال جنوب بیان شده است:

روش اول استفاده از قطب‌نمای مغناطیسی



اغلب اشخاص برای یافتن راستای شمال بلافاصله به فکر قطب‌نمای مغناطیسی می‌افتند؛ اما قطب‌نمای مغناطیسی به سوی شمال مغناطیسی می‌ایستد که با شمال حقیقی یکی نیست. مقدار خطا انحراف مغناطیسی نامیده می‌شود که با گذشت زمان به کندی تغییر می‌کند. برای یافتن مقدار آن باید به نقشه‌ای با مقیاس بزرگ مراجعه کرد. در سال ۱۳۸۳ مقدار انحراف مغناطیسی در تهران تقریباً ۴ درجهٔ شرقی بوده است.

قطب‌نمای مغناطیسی این مزیت را دارد که با آن می‌توانیم امتداد شمال جنوب را در هر زمان از شبانه‌روز، چه خورشید بتابد چه نتابد، به دست آوریم؛ اما باید مطمئن شویم که هیچ جسم آهنی‌ای در نزدیکی آن وجود ندارد، وگرنه ممکن است نتیجهٔ خیلی نادرستی حاصل شود.

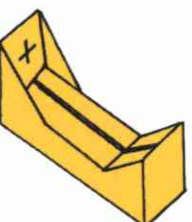
روش دوم استفاده از قطب‌نمای خورشیدی



این ابزار برای یافتن امتداد شمال جنوب طراحی شده است، بنابراین وسیلهٔ مناسبی برای این منظور است. چون برای تنظیم آن از زمان ساعت دیواری استفاده می‌کنیم، باید تصحیح‌هایی را که در صفحات ۱۱ و ۱۲ بیان شده است به دقت اعمال کنیم.

امتداد شمال جنوب را در فاصلهٔ زمانی ۹ صبح تا ۳ بعدازظهر به وقت ظاهری محلی می‌توان تعیین کرد، به شرطی که هوا آفتابی باشد.

روش سوم مسیر نمای خورشید

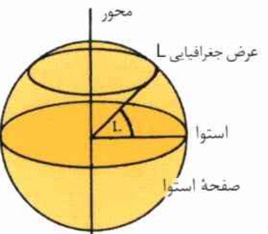


شاید این بهترین روش باشد اما فقط در ظهر محلی می‌توان از آن نتیجهٔ دقیق گرفت. با استفاده از تصحیح‌های بیان شده در صفحات ۱۱ و ۱۲ معلوم کنید ظهر محلی در چه زمان ساعت دیواری خواهد بود. در این لحظه مسیرنمای خورشید درست روبه جنوب خواهد بود و می‌توانید امتداد شمال جنوب را تعیین کنید.

بد نیست راستای شمال جنوب را روی سطح افقی که مدل‌های ساعت آفتابی را روی آن می‌گذارید مشخص کنید. چون این مدل‌ها مقوایی‌اند آن‌ها را نمی‌توان همیشه در نور شدید آفتاب گذاشت. پس باید به راحتی بتوانید آن‌ها را دوباره در راستای درست بگذارید.

اولین اصول

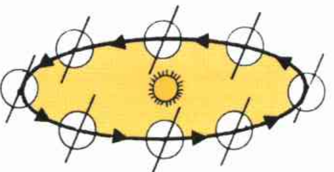
برای این‌که دریابیم ساعت‌های آفتابی چگونه کار می‌کنند باید چرخش زمین و مدار آن به دور خورشید را در نظر بگیریم.



صفحهٔ استوا بر محور چرخش زمین عمود است.

زمین به دور محوری گذرنده از دو قطب شمال و جنوب می‌چرخد و در ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴/۱ ثانیه یک دور کامل می‌زند. همهٔ نقاط روی زمین هم در این مدت یک دور کامل می‌چرخند.

باید دریابیم چرا طول شبانه‌روز که ۲۴ ساعت است، به اندازهٔ زمان یک دور چرخش زمین نیست.



صفحهٔ دایرةالبروج

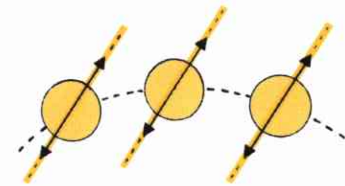
زمین همچنین در مداری به دور خورشید، در فاصلهٔ ۱۵۰،۰۰۰،۰۰۰ کیلومتری آن می‌چرخد؛ در طول یک سال مدار کامل را طی می‌کند و صفحهٔ حرکت آن **صفحهٔ دایرةالبروج** نامیده می‌شود. محور چرخش زمین همیشه در یک راستا باقی می‌ماند.

هر روز زمانی را که خورشید در بالاترین نقطه‌اش در آسمان دیده می‌شود «ظهر» می‌نامیم. همهٔ مکان‌های روی یک نصف‌النهار، ظهر مشترکی دارند. در هنگام ظهر، نصف‌النهار ما بخشی از سطح زمین است که درست روبه‌روی خورشید قرار دارد.

زمان را روی زمین از ظهر یک روز تا ظهر روز بعد اندازه می‌گیریم. این مدت زمان به ۲۴ ساعت مساوی تقسیم می‌شود. چون زمین در ۲۴ ساعت $\frac{1}{365}$ مدار خود را هم می‌پیماید، باید اندکی بیشتر از یک دور بچرخد تا دوباره درست روبه‌روی خورشید قرار بگیرد. میانگین زمان این چرخش اضافی ۳ دقیقه و ۵۵/۹ ثانیه است. به همین علت است که طول شبانه‌روز با زمان یک دور چرخش زمین مساوی نیست.

زمین در یک شبانه روز $\frac{1}{365}$ مدارش را می‌پیماید.

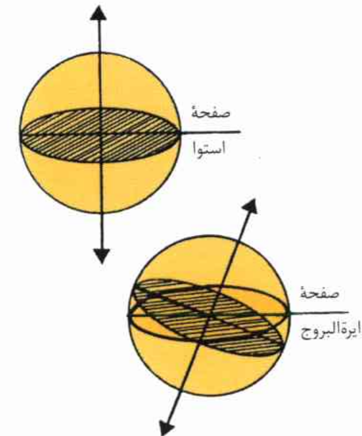
قطب‌های آسمانی



نقاطی که درست بالای قطب شمال و قطب جنوب زمین قرار دارند **قطب‌های آسمانی** خوانده می‌شوند. محور زمین در سراسر شبانه‌روز و سراسر سال موازی با خود باقی می‌ماند، اما در مدار بسیار بزرگ دایره‌شکلی به دور خورشید حرکت می‌کند. بنابراین، ممکن است فکر کنید که قطب‌های آسمانی باید در طول سال در زمینهٔ ستاره‌ها حرکتی ظاهری داشته باشند. اما ستاره‌ها چنان دورند که این جابه‌جایی تنها با ابزارهای خیلی دقیق قابل سنجش است. پس می‌توانیم بگوییم که قطب‌های آسمانی نقاط ثابتی در آسمان هستند.

یک ستارهٔ نسبتاً درخشان نزدیک به قطب شمال آسمانی وجود دارد که اسم آن **ستارهٔ قطبی** است، و برای موارد عملی می‌توانیم بگوییم که در قطب آسمانی قرار دارد. در نیمکرهٔ جنوبی آسمان چنین ستارهٔ مفیدی وجود ندارد.

محور زمین کج است



محور زمین بر صفحهٔ استوا عمود است، اما بر صفحهٔ دایرةالبروج عمود نیست. زاویهٔ بین صفحهٔ استوا و صفحهٔ دایرةالبروج ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقه است.

ضمن گردش زمین به دور خورشید، محور چرخش آن همیشه در یک راستا می‌ماند. بسته به موقعیت زمین در مدارش، نور خورشید با زاویهٔ متغیری نسبت به صفحهٔ استوا به زمین می‌تابد. از روی زمین مسیر خورشید در آسمان ظاهراً هر روز قدری تغییر می‌کند.

برای کار با ساعت آفتابی بهتر است دیدگاه زمین مرکزی اختیار کنیم. می‌توانیم فرض کنیم خودمان ثابتیم و جهان در حال حرکت به دور ما است. در این صورت خورشید ظاهراً در مسیر مارپیچ ملایمی به دور زمین می‌چرخد که دورهٔ آن یک سال طول می‌کشد. در عرض جغرافیایی خاصی که به تدریج با فصل تغییر می‌کند، خورشید در لحظهٔ ظهر درست از بالای سر می‌گذرد. تمام عرض‌های جغرافیایی که در آن‌ها خورشید زمانی درست از بالای سر می‌گذرد، در نواری بر دو سوی خط‌استوا بین عرض‌های ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقهٔ شمالی و ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقهٔ جنوبی واقعند که آن را **منطقهٔ استوایی** می‌نامند.

۲ـ تصحیح مربوط به تعدیل زمان

چون مدار زمین دایرهٔ کامل نیست و محور چرخش زمین نسبت به صفحهٔ دایرةالبروج کج است، مدت زمان از یک ظهر تا ظهر بعدی، بسته به فصل سال، کمی تغییر می‌کند. اگر زمان ساعت دیواری از روزی به روز دیگر متفاوت باشد، مشکل ایجاد می‌شود؛ بنابراین، زمان ساعت دیواری، زمان میانگین طی یک سال کامل است. این زمان «زمان میانگین» نام دارد. «تعدیل زمان» که بهتر است «یکسان‌سازی زمان» خوانده شود، مربوط به تفاوت بین «خورشید واقعی» و «خورشید میانگین» است. این سومین تصحیحی است که باید در زمان ساعت آفتابی اعمال شود تا زمان ساعت دیواری به دست آید.

کارت ویژهٔ تعدیل زمان (صفحهٔ ۱۵ کتاب شناخت و ساخت ساعت های آفتابی) مقادیر این تصحیح در طول سال را به‌دست می‌دهد و تصحیح های را یادآوری می‌کند.

۳ـ تصحیح مربوط به زمان تابستانی

بیشتر کشورها ساعت خودشان را در تابستان جلو می‌برند. این کار باعث می‌شود که عصرها تا ساعت دیرتری هوا روشن باشد و مقدار قابل توجهی زغال‌سنگ، نفت، گاز و برق صرفه‌جویی شود. این زمان را معمولاً «زمان تابستانی» می‌نامند.

در ایران از آغاز سال ۱۳۸۵ ساعتها در بهار و تابستان جلو کشیده نمی شود. بنابراین نیازی به اعمال این تصحیح نیست.

تبدیل زمان

مجموع این سه تصحیح «تنظیم روزانه» خوانده می‌شود. با آن می‌توانیم زمان ساعت آفتابی را به زمان ساعت دیواری تبدیل کنیم یا به‌عکس.

زمان ساعت دیواری = تنظیم روزانه + زمان ساعت آفتابی

مثال ۱ — زاهدان در ۲۶ فروردین

طول جغرافیایی زاهدان ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقهٔ شرقی یا تقریباً °۶۰/۸ شرقی است. نصف‌النهار مبدأ ایران در طول جغرافیایی °۵۲/۵ شرقی است. پس زاهدان در °۸/۳ شرق نصف‌النهار مبدأ واقع است.

۱. تصحیح مربوط به طول جغرافیایی (۴ دقیقه در هر درجه)	۳۳/۲- دقیقه
۲. تعدیل زمان در ۲۶ فروردین (۰ دقیقه و ۴ ثانیه)	۰/۱ دقیقه
تنظیم روزانه =	۳۳/۱- دقیقه

وقتی ساعت آفتابی ساعت ۱۲ را نشان دهد ساعت مچی‌تقریباً ۱۱ و ۲۷ دقیقه را نشان می‌دهد.

مثال ۲ — رشت در ۱۱ اسفند

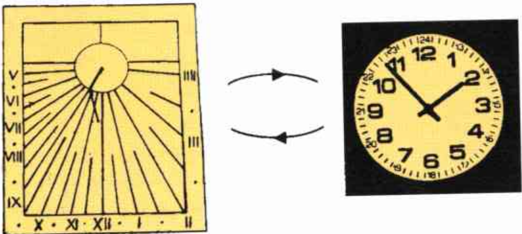
طول جغرافیایی رشت ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقهٔ شرقی یا تقریباً °۴۹/۶ شرقی است. پس در °۲/۹ غرب نصف‌النهار مبدأ واقع است.

۱. تصحیح مربوط به طول جغرافیایی (۴+ دقیقه در هر درجه)	۱۱/۶+ دقیقه
۲. تعدیل زمان در ۱۱ اسفند (۱۲ دقیقه و ۱۱ ثانیه)	۱۲/۲ دقیقه
تنظیم روزانه = ۲۳ دقیقه و ۴۸ ثانیه =	۲۳/۸ دقیقه

وقتی ساعت آفتابی ساعت ۱۲ را نشان دهد ساعت مچی تقریباً ۱۲ و ۲۴ دقیقه را نشان می‌دهد.

زمان ساعت آفتابی و زمان ساعت دیواری

ساعت آفتابی زمان را به‌طور کامل نشان می‌دهد؛ ساعت مچی و ساعت دیواری هم همین کار را می‌کنند. اما ساعت آفتابی و مثلاً ساعت دیواری به‌ندرت زمان را یکسان نشان می‌دهند، زیرا آن‌ها چیزهای یکسانی را اندازه نمی‌گیرند.



ساعت‌های آفتابی «زمان محلی ظاهری» را اندازه می‌گیرند که براساس ظهر در طول جغرافیایی محلی است. زمانی را که خورشید در جنوب قرار می‌گیرد یا از نصف‌النهار می‌گذرد ظهر محلی می‌نامیم. طول جغرافیایی جاهایی که خورشید در حال گذر از نصف‌النهار آن‌ها است، به‌طور یکنواخت با سرعت ۱۵ درجه در ساعت به سوی غرب جابه‌جا می‌شود. مثلاً طول جغرافیایی رشت °۴۹/۶ شرقی و طول جغرافیایی تهران °۵۱/۴ شرقی است؛ پس تفاوت طول جغرافیایی آن‌ها ۱/۸ درجه است و در نتیجه ظهر محلی رشت همیشه ۷/۲ دقیقه یا ۷ دقیقه و ۱۲ ثانیه دیرتر از ظهر محلی تهران است (دقیقه ۷/۲ = °۱۵ ÷ دقیقه ۶۰ × °۱/۸). بنابراین، ساعت آفتابی در رشت همیشه زمان را ۷ دقیقه و ۱۲ ثانیه کمتر از ساعت آفتابی در تهران نشان می‌دهد.

چنین تفاوتی در زمان ساعت‌های دیواری موجب دردسر می‌شد، بنابراین در همه جای ایران زمان براساس نصف‌النهار مبدأ زمان رسمی ایران، که از طول جغرافیایی °۵۲/۵ شرقی می‌گذرد، بیان می‌شود و ساعت مچی در رشت همان زمان ساعت مچی در تهران را نشان می‌دهد. وقتی ساعت آفتابی در رشت ساعت ۱۲ را نشان دهد، ساعت مچی در رشت ساعت ۱۲ و ۷ دقیقه را نشان می‌دهد که هر دو درستند.

برای این‌که بتوانیم یک نوع از زمان را به نوع دیگر تبدیل کنیم باید سه تصحیح مختلف را اعمال کنیم:

۱ـ تصحیح مربوط به طول جغرافیایی

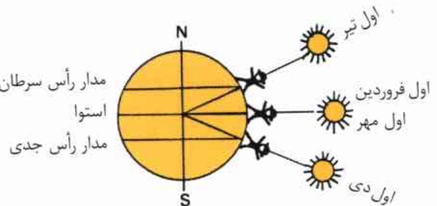


جهان به ۲۴ منطقهٔ زمانی تقسیم شده است که هر کدام براساس نصف‌النهار مرجع گرینویچ تعیین شده‌اند. استوانهٔ زمان این منطقه‌ها را نشان می‌دهد.

برای اعمال تصحیح مربوط به طول جغرافیایی باید طول جغرافیایی محل خودتان و طول جغرافیایی نصف‌النهار مبدأ را برای منطقهٔ زمانی خودتان بدانید. سپس، بسته به این‌که در شرق یا غرب نصف‌النهار مبدأ باشید، به ازای هر درجه ۴ دقیقه کم یا زیاد می‌کنید. (طول جغرافیایی مراکز استانهای ایران در جدول صفحهٔ ۸ کتاب شناخت و ساخت ساعتهای آفتابی داده شده است.)

تنها اگر روی یکی از نصف‌النهارهای مربوط به ساعتهای استاندارد زندگی می‌کنید لازم نیست این تصحیح را اعمال کنید. خوشبختانه مقدار این تصحیح برای یک مکان خاص همیشه ثابت می‌ماند.

از اول دی تا اول تیر به نظر می‌رسد که مسیر حرکت خورشید هر روز اندکی شمالی‌تر است؛ در اول فروردین از استوا می‌گذرد و در اول تیر در عرض جغرافیایی ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقهٔ شمالی (مدار رأس سرطان) از بالای سر می‌گذرد. سپس به نظر می‌رسد که مسیر حرکتش هر روز قدری جنوبی‌تر است، در اول مهر از استوا می‌گذرد و در اول دی دوباره به جنوبی‌ترین موضع خود در ۲۳ درجه و ۲۶ دقیقهٔ جنوبی (مدار رأس جدی) می‌رسد.



عرض جغرافیایی نقاطی که خورشید درست از بالای سر آن‌ها می‌گذرد، میل‌خورشید نامیده می‌شود و تغییرات سالانهٔ آن در زیر داده شده است.

میل خورشید

این عددها برحسب درجه و دهم درجه و مقادیر میانگین برای هر دورهٔ چهارسالهٔ کبیسه هستند. در هر سال به خصوص مقدار میل خورشید ممکن است تا ۰/۳درجه متفاوت باشد، ولی این عددها برای اغلب کاربردها دقت کافی دارند.

تاریخ	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱	۰/۰	۱۱/۶	۲۰/۳	۲۳/۴	۲۰/۲	۱۱/۶	۰/۲	-۱۱/۲	-۲۰/۰	-۲۳/۴	-۲۰/۱	-۱۱/۲
۶	۲/۰	۱۳/۳	۲۱/۲	۲۳/۳	۱۹/۱	۹/۹	-۱/۸	-۱۲/۹	-۲۱/۰	-۲۳/۳	-۱۸/۹	-۹/۴
۱۱	۳/۹	۱۴/۹	۲۲/۰	۲۳/۱	۱۷/۹	۸/۱	-۳/۷	-۱۴/۶	-۲۱/۹	-۲۳/۱	-۱۷/۶	-۷/۴
۱۶	۵/۸	۱۶/۴	۲۲/۶	۲۲/۶	۱۶/۶	۶/۳	-۵/۶	-۱۶/۱	-۲۲/۵	-۲۲/۶	-۱۶/۲	-۵/۵
۲۱	۷/۷	۱۷/۷	۲۳/۰	۲۲/۱	۱۵/۲	۴/۴	-۷/۵	-۱۷/۵	-۲۳/۰	-۲۱/۹	-۱۴/۶	-۳/۵
۲۶	۹/۵	۱۹/۰	۲۳/۳	۲۱/۳	۱۳/۶	۲/۵	-۹/۴	-۱۸/۸	-۲۳/۳	-۲۱/۱	-۱۳/۰	-۱/۶

یک مشاهدهٔ جالب

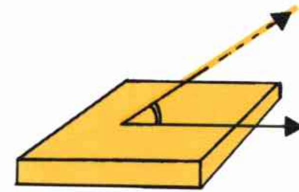
خورشید هر روز ظهر به حداکثر زاویهٔ ارتفاع خود می‌رسد و این حداکثر ارتفاع برای هر روز با یک فرمول ساده به میل خورشید مربوط می‌شود.

متمم عرض جغرافیایی ـ حداکثر ارتفاع = میل

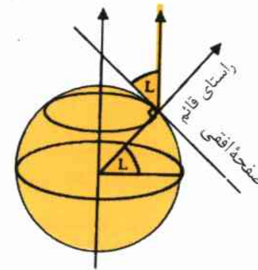
مثال: ارتفاع خورشید هنگام ظهر در رشت که عرض جغرافیایی آن ۳۷/۳ درجه است، ۶۹/۵ درجه اندازه‌گیری شد. متمم این عرض جغرافیایی:

°۳۷/۳ - °۹۰ = °۵۲/۷ درجه. میل خورشید در آن روز °۵۲/۷ - °۶۹/۵ = ۱۶/۸ درجه یا ۱۶ درجه و ۴۸ دقیقه بوده است. از روی نقشه‌های جغرافیایی می‌توان دریافت که در آن روز خورشید تقریباً از بالای سر شهر بیجاپور در هند (در عرض جغرافیایی ۱۶/۹ درجه) می‌گذشته است. همچنین به کمک جدول این صفحه (با استفاده از روش درونیابی). می‌توان گفت که آزمایش باید در روز ۷ یا ۸ اردیبهشت یا در روز ۱۵ یا ۱۶ مرداد انجام شده باشد.

ایجاد سایه

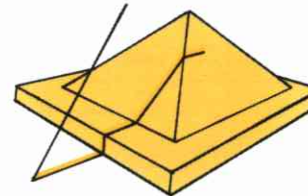


قسمتی از ساعت آفتابی را که سایه ایجاد می‌کند شاخص می‌نامند. اگر شاخص را در راستای ستارهٔ قطبی بگیریم، با محور چرخش زمین موازی خواهد بود و همیشه با صفحهٔ دایرةالبروج زاویهٔ ثابتی می‌سازد. اگر بخواهیم یک ساعت آفتابی برای سراسر سال بسازیم، این کار لازم است.

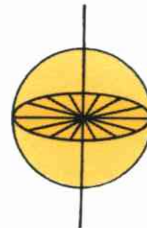


این شکل نشان می‌دهد که هر خطی که در راستای ستارهٔ قطبی باشد با صفحهٔ افقی زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی محل می‌سازد. این خط بسیار مهم در همهٔ ساعت‌های آفتابی این مجموعه با رنگ آبی مشخص شده است.

شکار سایه



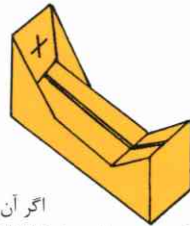
سایه باید روی سطحی بیفتد تا دیده شود و واضح است که جهت شیب سطح دریافت‌کننده بر جهت سایه تأثیر می‌گذارد.



با اختیار دیدگاه زمین مرکزی، خورشید در هر شبانه‌روز یک بار به دور زمین می‌چرخد، بنابراین سایهٔ محور آن بر روی صفحهٔ استوا باید به‌طور یکنواخت، دقیقاً ۳۶۰ درجه در ۲۴ ساعت یا ۱۵ درجه در هر ساعت، بچرخد. این چرخش معادل یک درجه در هر ۴ دقیقهٔ زمان است.

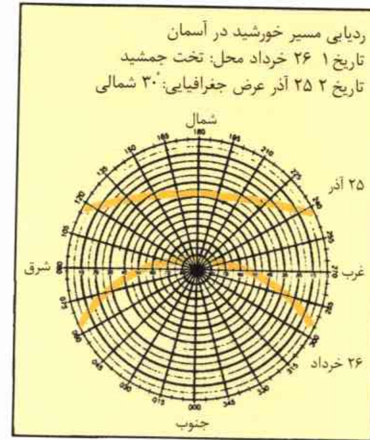
سایه روی هر صفحهٔ دیگری که با صفحهٔ استوا موازی نباشد با سرعت ثابت حرکت نخواهد کرد. بنابراین، برای تعیین دقیق جایی که سایه در هر ساعتی می‌افتد به مثلثات یا ترسیم هندسی دقیق نیاز داریم. اما اگر شاخص در راستای قطب شمال آسمانی باشد، سایه هر روز در همان ساعت دقیقاً به همان نشانه‌ها می‌رسد.

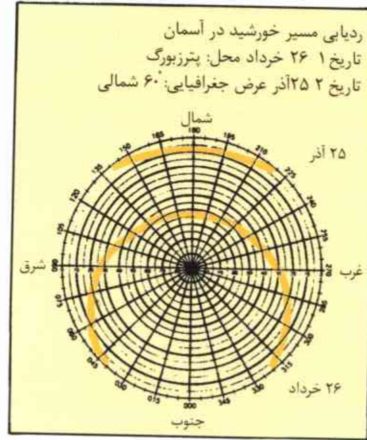
ردیابی مسیر خورشید در آسمان



مسیر نمای خورشید ساعت آفتابی نیست و زمان را نشان نمی‌دهد، ولی ابزارجالبی برای بررسی مسیر حرکت روزانهٔ خورشید در آسمان است. نگاه کردن مستقیم به خورشید خطرناک است و با مسیر نمای خورشید می‌توانیم ارتفاع و سمت خورشید را به‌آسانی و با امنیت کامل اندازه‌گیری کنیم.

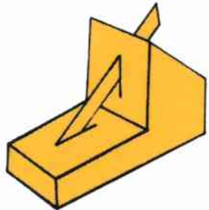
اگر آن را روی سطح افقی بگذاریم و چنان که در قاعده‌اش توضیح داده شده است تنظیم کنیم، می‌توانیم زاویهٔ ارتفاع خورشید (که معمولاً «ارتفاع خورشید» خوانده می‌شود) و زاویهٔ جهت خورشید را (که معمولاً «سمت خورشید» نامیده می‌شود) هر چندبار که بخواهیم پیدا کنیم. این نتیجه‌ها را به صورت‌های گوناگونی می‌توانیم ثبت کنیم، اما شاید بهترین راه، ترسیم آن‌ها روی کاغذ مدرج دایره‌ای (که در صفحهٔ ۱۳ کتاب شناخت و ساخت ساعت های آفتابی آمده است) باشد. بهتر است اول چند فتوکپی از آن بگیرید، بعد نتیجه‌ها را روی آن‌ها وارد کنید. در این‌جا چند نمونهٔ ثبت نتیجه‌ها را می‌بینید.





در شهر پترزبورگ (روسیه) که عرض جغرافیایی آن حدود ۶۰° شمالی است، تفاوت چشمگیری بین تابستان و زمستان وجود دارد. در تابستان خورشید چندان از افق پایین‌تر نمی‌رود و در زمستان چندان از افق بالاتر نمی‌آید. در نقاط خیلی جنوبی‌تر مثل تخت جمشید که عرض جغرافیایی‌اش حدود ۳۰° شمالی است، این تفاوت کمتر است ولی به هر حال وجود دارد. این نتایج را با نتایجی که خودتان در زمان‌های مختلف یافته‌اید مقایسه کنید.
اگر می‌خواهید در ایام تعطیل به محلی با عرض جغرافیایی متفاوت بروید و می‌توانید مسیر نمای خورشید را همراه ببرید، خیلی جالب است که مسیر خورشید را در روز قبل از حرکت و روز بعد از رسیدن خودتان روی صفحهٔ نمودار ثبت کنید.

ساعت‌های آفتابی عمودی



در بناهای عمومی اغلب ساعت‌های آفتابی از نوع عمودی است، زیرا آن‌ها را می‌توان دید و تحسین کرد، اما در معرض دستکاری افراد بیکاره نیستند. اگر دیوار درست رو به جنوب باشد، ساعت آفتابی را «ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب» می‌نامند. ساعت آفتابی عمودی در مدل ساعت آفتابی سه تایی وقتی روی صفحهٔ افقی درست قرار گیرد، از این نوع است.

صفحهٔ ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب هم تصویری از صفحهٔ استوا است، بنابراین تقسیم‌بندی‌های ساعت برابر نیستند. چون این تصویر همان تصویر مربوط به ساعت آفتابی افقی نیست، تقسیم‌بندی آن هم یکی نیست. اما ارتباط ساده‌ای بین آن‌ها وجود دارد.

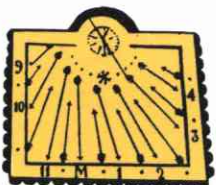
این جدول ساعت‌های آفتابی عمودی رو به جنوب معادل جدول مربوط به ساعت‌های آفتابی افقی ولی برای عرض‌های جغرافیایی ۵۰° تا ۶۵° است.

	H	۲۵°	۳۰°	۳۵°	۴۰°
۱۲:۰۰	۰/۰°	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۱:۰۰	۱۵/۰°	۱۳/۶	۱۳/۱	۱۲/۴	۱۱/۶
۲:۰۰	۳۰/۰°	۲۷/۶	۲۶/۶	۲۵/۳	۲۳/۹
۳:۰۰	۴۵/۰°	۴۲/۲	۴۰/۹	۳۹/۳	۳۷/۵
۴:۰۰	۶۰/۰°	۵۷/۵	۵۶/۳	۵۴/۸	۵۳/۵
۵:۰۰	۷۵/۰°	۷۳/۵	۷۲/۸	۷۱/۹	۷۰/۷
۶:۰۰	۹۰/۰°	۹۰/۰	۹۰/۰	۹۰/۰	۹۰/۰

فرمول محاسبهٔ زاویه‌های ساعتی X در ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب چنین است:

$$tgx = \cos L \; tgH$$

ساعت آفتابی عمودی رو به جنوب تنها در آن عرض جغرافیایی که برایش محاسبه شده است درست کار می‌کند و خورشید هرگز بیشتر از ۱۲ ساعت در روز بر آن نمی‌تابد، زیرا به پشت صفحهٔ دیوار می‌رود. هرگز هم نمی‌تواند سایه‌ای بالای خط افقی ۶-۶ بیندازد، مگر این‌که آن را روی کوه‌های بلند ببرند.
برای دیوارهای شمالی هم می‌توان ساعت آفتابی عمودی رو به شمال ساخت، ولی این ساعت تنها در تابستان، آن هم فقط در صبح زود و اواخر عصر، کار خواهد کرد.



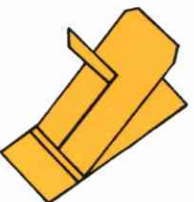
ساعت‌های آفتابی را می‌توان برای دیوارهایی هم که مستقیماً رو به جنوب یا رو به شمال نیستند طراحی کرد. این کار وقتی پیش می‌آید که بخواهیم روی ساختمانی از قبل موجود ساعت عمودی نصب کنیم. در این صورت، تصویر تقسیم‌بندی‌های برابر صفحهٔ استوا خیلی پیچیده‌تر خواهد شد، اما انجام این کار ممکن است و کتاب‌های راهنما برای آن وجود دارد. چنین ساعت‌های آفتابی را به‌آسانی می‌توان تشخیص داد زیرا «۱۲» آن‌ها به‌طور قائم در پایین قرار نگرفته است و درجه‌بندی آن‌ها متقارن نیست.

زاویهٔ ساعتی

چون یک ساعت متناظر است با چرخش ۱۵درجه‌ای راستای سایه بر صفحهٔ استوا، می‌توانیم زمان را به زاویه یا زاویه را به زمان تبدیل کنیم (با ضرب کردن در ۱۵ یا تقسیم کردن بر ۱۵). ظهر را به عنوان صفر می‌گیریم. زاویه‌ها در صبح منفی و در بعدازظهر مثبتند.

زمان	صبح ۹	۱۰:۳۰ صبح	۲:۳۰ بعدازظهر	۶:۰۰ بعدازظهر
ساعت گذشته از ظهر	−۳/۰	−۱/۵	+۲/۵	+۶/۰
زاویهٔ ساعتی	−۴۵°	−۲۲/۵°	+۳۷/۵°	+۹۰°

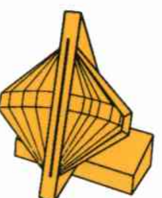
ساعت آفتابی اساسی ــ نوع استوایی



وقتی این ساعت آفتابی را برای عرض جغرافیایی خودتان تنظیم کنید و بر سطحی افقی روبه شمال بگذارید، شاخص آن به سوی قطب شمال آسمانی خواهد بود. در این حالت، سطح دریافت‌کنندهٔ نور خورشید با درجه‌بندی‌های روی آن، موازی با صفحهٔ استوا است. توجه کنید که درجه‌بندی‌ها به فاصلهٔ مساوی و مطابق با زاویه‌های ساعتی قرار گرفته‌اند. در بهار و تابستان که خورشید در شمال استوا است تنها سطح بالایی را روشن می‌کند و در پاییز و زمستان فقط بر سطح پایینی می‌تابد. در این فصل‌ها خورشید در جنوب استوا است.

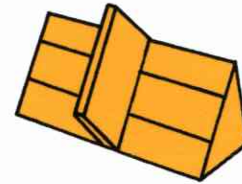
حوالی روزهای اول فروردین و اول مهر متوجه می‌شوید که وقتی مدل درست قرار گرفته باشد، هیچ یک از دو سطح خوب روشن نمی‌شود و شاخص سایهٔ مناسبی نمی‌اندازد. علت این است که صفحهٔ مدرج ساعت آفتابی استوایی، با صفحهٔ استوای زمین موازی است. در این روزها خورشید آسمان را در صفحهٔ استوا می‌پیماید و در تمام طول روز روی لبهٔ مقوا می‌تابد.

ساعت آفتابی استوایی با شکاف نور

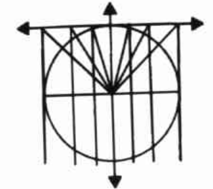


این ساعت آفتابی زمین را با محورش و صفحهٔ استوا نمایش می‌دهد. اما به جای شاخصی که سایه بیندازد، شاخص شکاف‌مانندی وجود دارد که پرتو نور از آن می‌گذرد. در هر حال، اساس کار آن همانند ساعت‌های آفتابی استوایی است.
در این مدل صفحهٔ مدرج حذف شده است، بنابراین به درجه‌بندی‌های بالایی و پایینی نیازی نیست. در عوض روی خطی موازی با استوا فاصله‌های مساوی علامت‌گذاری شده‌اند.
دو ساعت آفتابی را کنار هم بگذارید تا شباهت‌ها و تفاوت‌های آن‌ها را ببینید.

ساعت‌های آفتابی قطبی

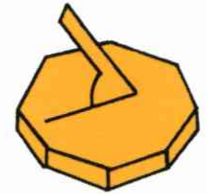


صفحهٔ مدرج ساعت‌های آفتابی قطبی، با محور زمین موازی است و هنگام استفاده باید لبه‌های بالایی و پایینی آن در امتداد شرق غرب قرار گیرند. نشانه‌های ساعت‌ها تصویر زاویه‌های ساعتی ۱۵درجه‌ای ساعت آفتابی استوایی برخطی مماس بر دایره است. شعاع دایره با ارتفاع شاخص روی صفحه برابر است. اندازهٔ فاصله‌ها را می‌توان با ترسیم به‌دست آورد، اما اگر ماشین حساب در دسترس باشد، احتمالاً محاسبهٔ آن‌ها راحت‌تر است. برای نمونه‌ای که ارتفاع شاخص آن ۴۰میلی‌متر باشد فرمول فاصله‌ها چنین است: $X= ۴۰\ tgH$

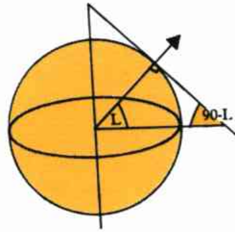


زمان	زاویهٔ ساعتی	درجه‌بندی‌های X_{mm} ۴۰tgH
۱۲:۳۰ بعدازظهر	+۷/۵	۵/۳
۱:۰۰ بعدازظهر	+۱۵	۱۰/۷
۲:۰۰ بعدازظهر	+۳۰	۲۳/۱
۳:۰۰ بعدازظهر	+۴۵	۴۰

ساعت‌های آفتابی افقی



ساعت‌های آفتابی افقی احتمالاً فراوان‌ترین نوع ساعت آفتابی هستند. شاخص ساعت آفتابی افقی باید به سوی قطب شمال آسمانی باشد؛ بنابراین باید با سطح افقی زاویه‌ای معادل عرض جغرافیایی محل بسازد. ظاهراً صفحهٔ افق برایمان خیلی مهم است اما باید به یاد داشت که صفحهٔ اساسی برای ساعت آفتابی صفحهٔ استوا است. درجه‌بندی‌های مساوی مربوط به سایهٔ شاخص بر صفحهٔ استوا، وقتی بر صفحهٔ افقی تصویر شوند، دیگر مساوی نیستند. اندازهٔ آن‌ها را باید برای هر عرض جغرافیایی خاص حساب کرد و ساعت آفتابی افقی تنها در همان عرض جغرافیایی دقیق کار می‌کند.



خوشبختانه این محاسبه زیاد دشوار نیست زیرا در هر عرض جغرافیایی مفروض صفحهٔ افقی با صفحهٔ استوا زاویهٔ ثابتی می‌سازد. اگر عرض جغرافیایی L باشد، آن‌گاه این زاویه برابر با L - ۹۰° یا متمم عرض جغرافیایی است.

زاویه‌های X که درجه‌بندی ساعت‌ها را با خط ظهر می‌سازد از فرمول زیر به دست می‌آید:

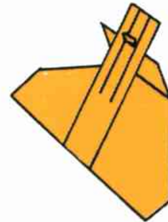
$$tgx=sinLtgH$$

این جدول برخی نتایج را عرضه می‌کند ولی بهترین کار این است که آن‌ها را برای عرض جغرافیایی محل خودتان محاسبه کنید.

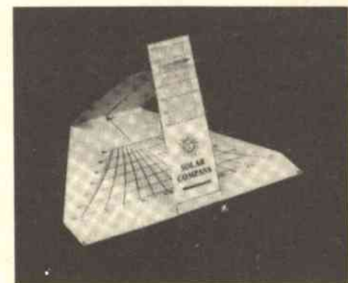
ساعت بعدازظهر	زاویهٔ ساعتی H	۲۵°	۳۰°	۳۵°	۴۰°
۰	۰°	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
۱	۱۵°	۶/۴	۷/۶	۸/۷	۹/۸
۲	۳۰°	۱۳/۷	۱۶/۱	۱۸/۳	۲۰/۴
۳	۴۵°	۲۲/۹	۲۶/۶	۲۹/۸	۳۲/۷
۴	۶۰°	۳۶/۲	۴۰/۹	۴۴/۸	۴۸/۱
۵	۷۵°	۵۷/۶	۶۱/۸	۶۵/۰	۶۷/۴
۶	۹۰°	۹۰/۰	۹۰/۰	۹۰/۰	۹۰/۰
۷	۱۰۵°	۱۲۲/۴	۱۱۸/۲	۱۱۵/۰	۱۱۲/۶

در مدل ساعت آفتابی افقی برای آسانی کار به تقریب اکتفا شده است. به جای آن‌که تعداد زیادی ساعت آفتابی برای عرض‌های جغرافیایی مختلف رسم شود، یکی برای عرض جغرافیایی ۳۲° محاسبه شده است تا در عرض‌های ۲۵° تا ۴۰° به‌کار رود. البته با این کار پای تقریب به میان می‌آید و شاید بهتر باشد خودتان با استفاده از فرمول بالا درجه‌بندی دقیق را محاسبه کنید.

قطب‌نمای خورشیدی



قطب‌نمای خورشیدی نوعی ساعت آفتابی افقی جامع (برای تمام عرض‌ها) است که به‌طور وارونه به‌کار می‌رود. با تنظیم آن برای وقت خورشید محلی در عرض جغرافیایی خود می‌توانید شمال را بیابید.
خط‌های منحنی نشان می‌دهند که زاویه‌های درجه‌بندی ساعت‌ها در عرض‌های جغرافیایی مختلف متفاوتند.
از آن به عنوان ساعت آفتابی سفری هم می‌توان استفاده کرد زیرا تا می‌شود و به صورت صاف در می‌آید. از آن می‌توان در عرض‌های جغرافیایی بین ۲۵ تا ۴۰ درجهٔ شمالی استفاده کرد. یادتان باشد که شاخص را هم باید در «پلکان» آن نصب کنید.





در امتداد خطهای سیاه مربوط به عرض جغرافیایی برش دهید.

در امتداد خط سیاه برش دهید.

جنوب

غرب

30 35 40

9 9.30 10 10.30 11 11.30 12 12.30 1 1.30 2 2.30 3

30 35 40

شمال

A

شرق

طول و عرض جغرافیایی مراکز استانهای ایران

شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	شهر	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
اراک	۴۹°,۴۲'	۳۴°,۰۵'	تبریز	۴۶°,۱۷'	۳۸°,۰۵'	شیراز	۵۲°,۳۲'	۲۹°,۳۷'
اردبیل	۴۸°,۱۸'	۳۸°,۱۵'	تهران	۵۱°,۲۴'	۳۵°,۴۱'	قزوین	۵۰°,۰۰'	۳۶°,۱۶'
ارومیه	۴۵°,۰۲'	۳۷°,۳۲'	خرم آباد	۴۸°,۲۱'	۳۳°,۲۹'	قم	۵۰°,۵۳'	۳۴°,۳۸'
اصفهان	۵۱°,۳۹'	۳۲°,۳۸'	رشت	۴۹°,۳۵'	۳۷°,۱۶'	کرمان	۵۷°,۰۵'	۳۰°,۱۷'
اهواز	۴۸°,۴۰'	۳۱°,۱۹'	زاهدان	۶۰°,۵۲'	۲۹°,۲۹'	کرمانشاه	۴۷°,۰۴'	۳۴°,۱۸'
ایلام	۴۶°,۲۵'	۳۳°,۳۸'	زنجان	۴۸°,۲۸'	۳۶°,۴۰'	گرگان	۵۴°,۲۶'	۳۶°,۵۰'
بجنورد	۵۷°,۱۹'	۳۷°,۲۸'	ساری	۵۳°,۰۵'	۳۶°,۳۴'	مشهد	۵۹°,۳۶'	۳۶°,۱۷'
بندر عباس	۵۶°,۱۸'	۲۷°,۱۱'	سمنان	۵۳°,۲۳'	۳۵°,۳۴'	همدان	۴۸°,۳۱'	۳۴°,۴۸'
بوشهر	۵۰°,۵۱'	۲۸°,۵۹'	سنندج	۴۷°,۰۰'	۳۵°,۱۹'	یاسوج	۵۱°,۳۶'	۳۰°,۴۰'
بیرجند	۵۹°,۱۳'	۳۲°,۵۳'	شهرکرد	۵۰°,۵۱'	۳۲°,۱۹'	یزد	۵۴°,۲۲'	۳۱°,۵۳'



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

کار این مدل برعکس ساعت آفتابی معمولی است. به جای آن‌که آن را در امتداد شمال بگذارید تا زمان را بسنجید، با دانستن زمان، امتداد شمال را با آن پیدا می‌کنید.

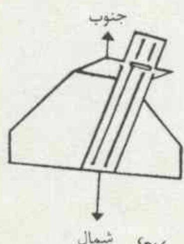
چون اساس کار آن همانند ساعت آفتابی افقی است، شاخص باید با صفحهٔ افقی زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی محل بسازد. این کار با فرو کردن زبانهٔ پایهٔ پشتی در شکاف مربوط به عرض جغرافیایی محل انجام می‌شود.

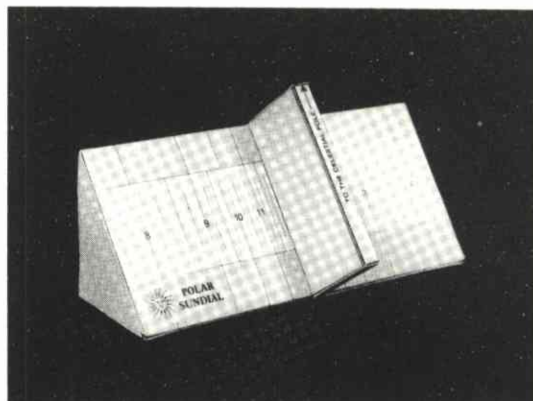
زاویهٔ بین خطوط ساعت‌ها در ساعت آفتابی افقی با توجه به عرض جغرافیایی تغییر می‌کند و درجه‌بندی‌های خمیده روی صفحهٔ قطب‌نمای خورشیدی به این امر مربوط می‌شود. این قطب‌نمای خورشیدی را در هر عرضی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه می‌توان به‌کار برد. خط مربوط به عرض جغرافیایی محل خود را با خطی رنگی مشخص کنید.

برای استفاده از قطب‌نمای خورشیدی، آن را افقی نگه‌دارید و رو به خورشید به‌طور افقی بچرخانید تا باریکهٔ نور خط مربوط به عرض جغرافیایی محل را در زمان خورشیدی محلی قطع کند.

در این وضعیت روبه جنوب هستید و شمال در سمت پشت سر شما است.

وقت خورشیدی محلی معمولاً با زمانی که ساعت مچی نشان می‌دهد قدری فرق دارد و برای جهت‌یابی دقیق‌تر باید تصحیح‌های بیان‌شده در کتابچه را در زمان اعمال کنید.





G

4 3 2 1

F D

به سوی قطب شمال آسمان

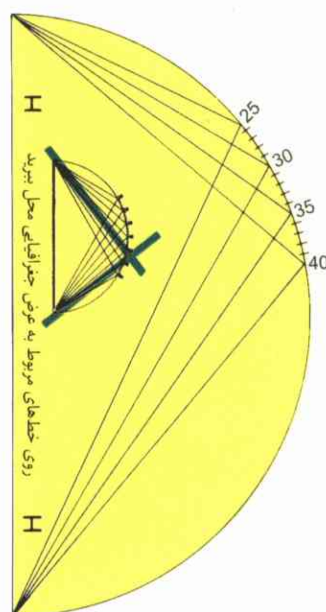
B A

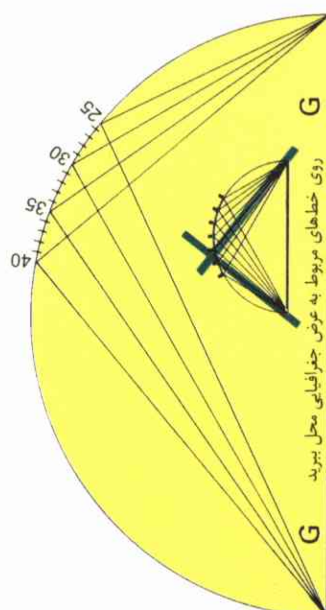
11 10 9 8

E C

ساعت آفتابی قطبی

H





B

A

40 35 30 25

لبهٔ F را در امتداد خط برش بچسبانید

لبهٔ E را در امتداد خط برش بچسبانید

40 35 30 25

پشت

قاعده

ساعت آفتابی قطبی

روی خط مربوط به عرض جغرافیایی محل ببرید. به سمت داخل تا کنید.

لبهٔ D را در امتداد خط برش بچسبانید

لبهٔ C را در امتداد خط برش بچسبانید

40 35 30 25

40 35 30 25

استوانهٔ زمان برای یافتن زمان در سراسر جهان





شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

با چرخاندن درپوش استوانه می‌توانید زمان را در هر جای جهان تنظیم، سپس به کمک استوانهٔ زمان، وقت را در هر جای دیگری تعیین کنید. نقشه نشان می‌دهد که در برخی کشورها، ایالت‌ها یا استان‌ها منطقهٔ زمانی‌ای به‌کار می‌رود که از منطقهٔ زمانی استاندارد خارج می‌شود. مثلاً در سراسر چین وقت پکن، که ۸ ساعت بیشتر از گرینویچ است، به‌کار می‌رود؛ هر چند این کشور چندین منطقهٔ زمانی را شامل می‌شود. حلقهٔ بالای استوانه وقت را برای هر یک از منطقه‌های زمانی نشان می‌دهد.



استوانهٔ زمان

برای یافتن زمان در سراسر جهان

G H

G H

درجه‌بندی ساعت‌های آفتابی قطبی ثابت است. وقتی این درجه‌بندی‌ها را درست محاسبه و ترسیم کنیم، در تمام عرض‌های جغرافیایی قابل استفاده‌اند به شرطی که شاخص و صفحهٔ مدرج هر دو موازی با محور زمین باشند.

برای این منظور، باید زاویهٔ شیب هردوی آن‌ها نسبت به صفحهٔ افقی برابر با عرض جغرافیایی محل باشد. این زاویه ضمن ساختن مدل تنظیم شده است. وقتی مدل را روی سطح افقی و در راستای دقیق شمال - جنوب بگذاریم، ساعت درست را نشان می دهد.

می‌بینید که درجه‌بندی‌ها در دو سوی ظهر متقارنند و در عین حال، دو صفحهٔ مدرج مستقل برای قبل از ظهر و بعد از ظهرند. به علت ضخامت شاخص، یک لبهٔ آن صبح‌ها و لبهٔ دیگرش بعدازظهرها سایه می‌اندازد.



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی

شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

ساخته‌شده برای عرض جغرافیایی

B D

B B D D

B D



استوانهٔ زمان برای یافتن زمان در سراسر جهان

رد بیندازید و به زیر تا کنید

M	+12 / -12	180°
L	+11	165°
K	+10	150°
I	+9	135°
H	+8	120°
G	+7	105°
F	+6	90°
E	+5	75°
D	+4	60°
C	+3	45°
B	+2	30°
A	+1	15°
Z	0	0°
N	-1	15°
O	-2	30°
P	-3	45°
Q	-4	60°
R	-5	75°
S	-6	90°
T	-7	105°
U	-8	120°
V	-9	135°
W	-10	150°
X	-11	165°

خط تغییر روز

آسیا

اروپا

افریقا

استرالیا

امریکای شمالی

امریکای جنوبی

خط استوا

A

B

C

D

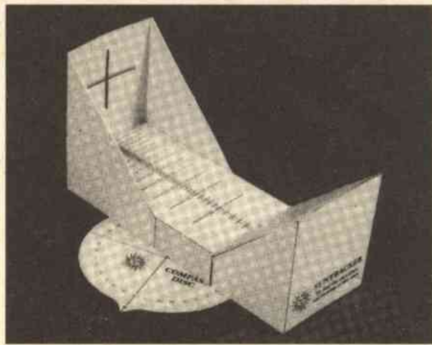
2 • 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 12 • 1 • 2 • 3 • 4 • 5 • 6 • 7 • 8 • 9 • 10 • 11 • 1

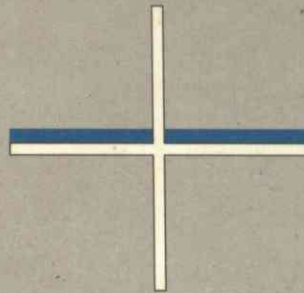
رد بیندازید و به زیر تا کنید

روی هیچ یک از خطهای شمال ـ جنوب رد نیندازید



مسیر نمای خورشید برای یافتن سمت و ارتفاع خورشید





صلیب را برش دهید و درآورید



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

پرتو خورشید گذرنده از شکاف، روی مسیرنمای خورشید نقش صلیبی می‌اندازد. وقتی مسیرنما روی سطح افقی چنان قرار گیرد که مرکز صلیب روی محور درجه‌بندی‌شده واقع شود، مسیرنما درست به سمت خورشید است. در این وضع، زاویهٔ ارتفاع خورشید برحسب درجه را می توان روی محور مدرج خواند.

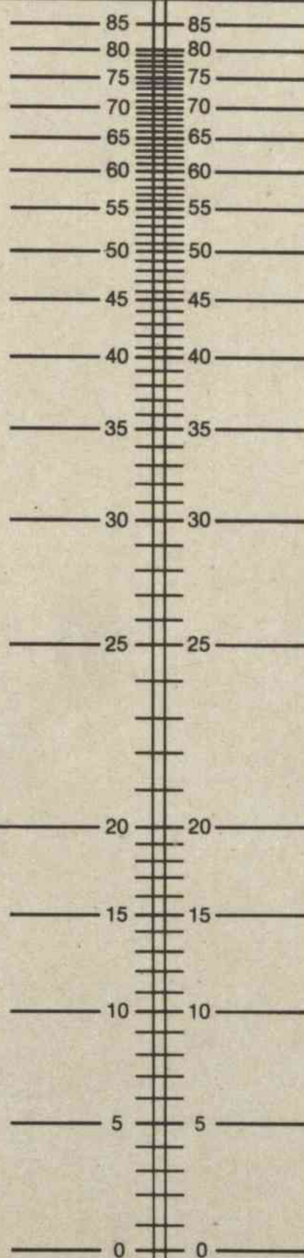
اگر دایرهٔ جهت‌نما در راستای درست گذاشته شود، در هر لحظه از روز می‌توان سمت و ارتفاع خورشید را یافت. خورشید در هنگام ظهر به بیشترین ارتفاع خود طی آن روز می‌رسد.

خورشید در طول سال، در ظهرِ روز اول تیر به بیشترین ارتفاع خود می‌رسد. خورشید در ظهر روز اول دی به کمترین ارتفاع خود می‌رسد.

مقادیر ارتفاع و سمت خورشید را می‌توان روی کاغذ گرافیکی مخصوصی که در صفحهٔ ۱۳ می‌بینید ثبت کرد. به این ترتیب می‌توانیم مسیر روزانهٔ خورشید را در روزهای مختلف سال ثبت و نتیجه‌ها را با هم مقایسه کنیم.

مسیر نمای خورشید ضمناً بهترین وسیلهٔ یافتن راستای شمال حقیقی برای تنظیم جهت مدل‌های ساعت آفتابی هم هست. این موضوع در کتابچه بیان شده است.

A C D E F G H



B D E F

F

F

F

G

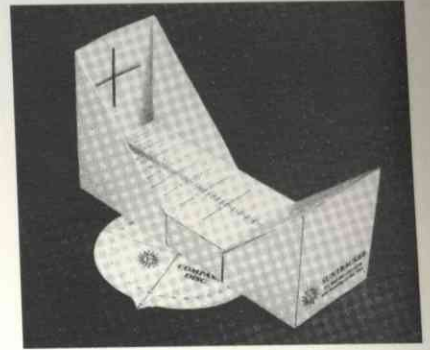
F

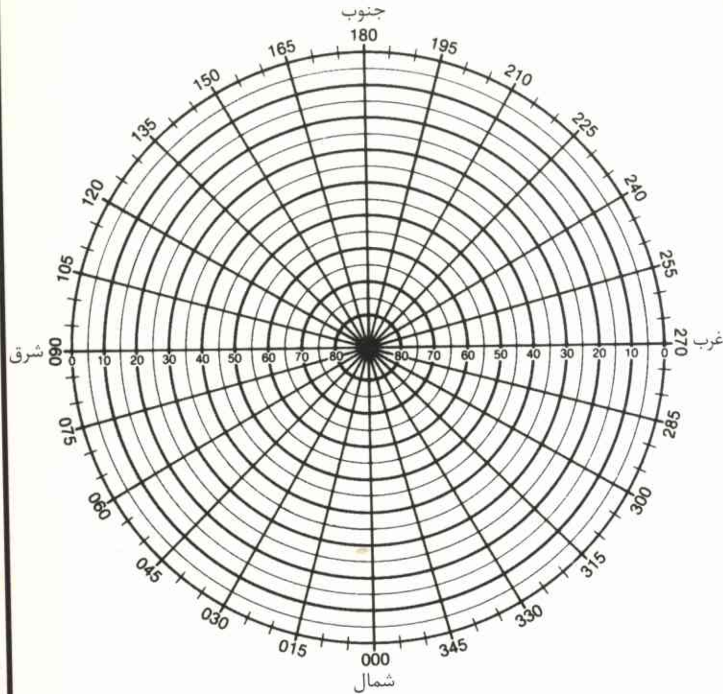
H

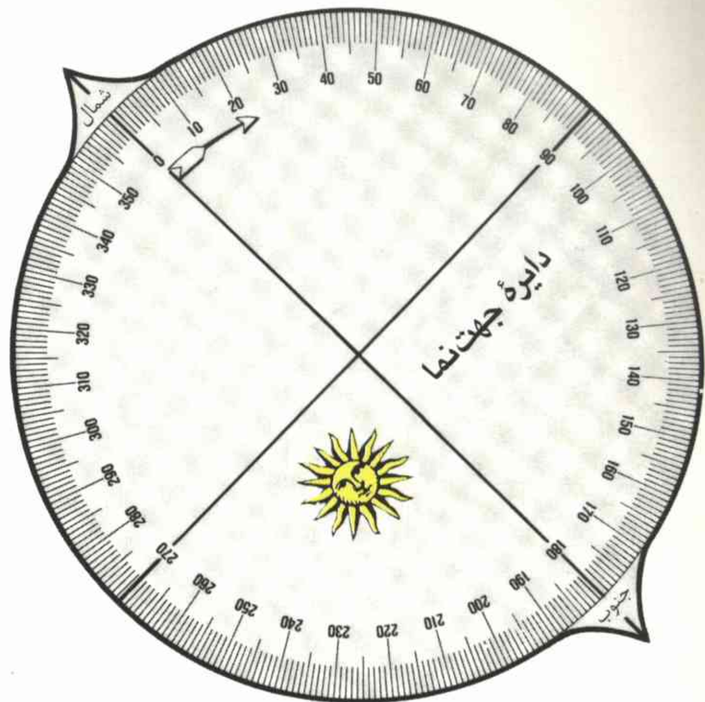
A



مسیر نمای خورشید برای یافتن ارتفاع و سمت خورشید









مسیرنمای خورشید

برای یافتن ارتفاع و سمت خورشید



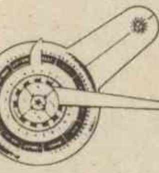
ساعت ستاره‌ای برای تعیین زمان در شب



راهنمای استفاده از ساعت ستاره‌ای

۱. عقربهٔ دایرهٔ ساعات را طبق تاریخ تنظیم کنید.

ستارهٔ قطبی



مرکز را بر ستارهٔ قطبی منطبق کنید

۲ ساعت ستاره‌ای را طوری بگیرید که ستارهٔ قطبی را درون سوراخ ببینید. ستارهٔ قطبی را در مرکز سوراخ بیاورید. ساعت ستاره‌ای را در صفحه‌ای عمود برخط دید خود چنان نگه‌دارید که محور آن به‌طور قائم باشد.

G

قبل از چسب زدن ببرید و درآورید

G

G

دبه

مراق

دب اکبر

دو ستارهٔ دبه و مراق «ستارگان قراول» خوانده می‌شوند.

۳ بازوی راهنما را بچرخانید تا وقتی که لبهٔ آن در راستای ستارگان قراول (دبه و مراق) قرار گیرد.

۴ زمان را بخوانید. این زمان محلی است که در طول روز با ساعت آفتابی به دست میآید.



شناخت و ساخت ساعت‌های آفتابی
شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

راهنمای ساخت ساعت ستاره‌ای

۱ همهٔ دایره‌های کوچک درونی را ببرید و در آورید.

۲ دو تکهٔ مربوط به صفحهٔ اصلی را ببرید و پشت به پشت بچسبانید.

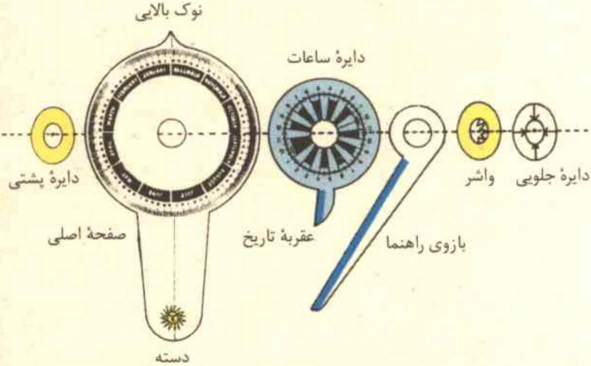
۳ تکهٔ مربوط به دایرهٔ ساعات را ببرید و تا کنید. درون تا چسب بریزید و دو لایه را محکم بچسبانید.

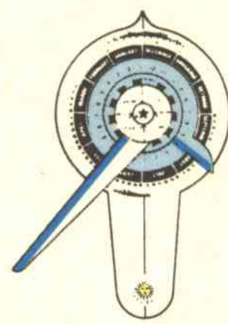
۴ صفحهٔ اصلی و صفحهٔ ساعات را به دقت از روی مسیر «روی این خط ببرید» برش دهید.

۵ تکه‌های دیگر را ببرید و جاهای نشان‌داده‌شده را چسب بزنید و تا کنید.

۶ چهار تکهٔ مرکزی را چنان‌که در شکل نشان داده شده است روی هم سوار کنید. دندانه‌های واشر از سوراخ‌های میانی می‌گذرند و تکه‌ها را به هم وصل می‌کنند. پشت صفحهٔ اصلی را تنها روی لبه‌های E چسب بزنید. صفحهٔ ساعات و بازوی راهنما باید آزادانه و مستقل بچرخند.

۷ با استفاده از حروف F و G دایره‌های جلویی و پشتی را در جای خود قرار دهید.





تعدیل زمان

مقادیر تعدیل زمان در این جدول برحسب دقیقه و دهم دقیقه داده شده است. اعداد جدول‌های دیگر ممکن است تا ۰/۳ دقیقه با این اعداد تفاوت داشته باشند که علت آن نحوهٔ اثر دادن سال‌های کبیسه است.

روز / ماه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱	۷/۲	-۱/۳	-۳/۴	۱/۹	۶/۴	۲/۶	-۷/۵	-۱۵/۷	-۱۳/۹	-۱/۴	۱۱/۳	۱۳/۸
۶	۵/۷	-۲/۲	-۲/۹	۳	۶/۵	۱/۳	-۹/۳	-۱۶/۲	-۱۲/۴	۱	۱۲/۵	۱۳/۱
۱۱	۴/۲	-۲/۹	-۲/۲	۴	۶/۲	-۰/۲	-۱۰/۹	-۱۶/۴	-۱۰/۶	۳/۵	۱۳/۵	۱۲/۲
۱۶	۲/۷	-۳/۴	-۱/۴	۴/۸	۵/۶	-۱/۹	-۱۲/۴	-۱۶/۳	-۸/۶	۵/۸	۱۴	۱۱/۱
۲۱	۱/۳	-۳/۶	-۰/۴	۵/۶	۵	-۳/۶	-۱۳/۷	-۱۵/۹	-۶/۳	۷/۹	۱۴/۳	۹/۸
۲۶	۰/۱	-۳/۶	۰/۶	۶/۱	۴/۱	-۵/۴	-۱۴/۶	-۱۵/۱	-۳/۹	۹/۷	۱۴/۲	۸/۴

کارت تعدیل زمان

این کارت را با ساعت‌های آفتابی‌تان نگه‌دارید و از آن برای تبدیل زمان خورشیدی محلی به زمان ساعت دیواری و به‌عکس استفاده کنید.

تبدیل زمان

ساعت‌های آفتابی زمان خورشیدی محلی را نشان می‌دهند که با زمان ساعت دیواری یکی نیست. روش تبدیل هر یک از این دو نوع زمان به دیگری در کتابچهٔ ساعت‌های آفتابی آمده است.

تنظیم زمان بستگی دارد به طول جغرافیایی محل و روز موردنظر.

عرض جغرافیایی محل ....

طول جغرافیایی محل ....

۱ تصحیح مربوط به منطقهٔ زمانی = ...

۲ تنظیم روزانهٔ تعدیل زمان = ...

تنظیم کلی روزانه = ...

زمان ساعت دیواری = تنظیم کلی روزانه + زمان ساعت آفتابی